

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Hiromi KATOH et al. Conf.: Unknown
Appl. No.: New Group: Unknown
Filed: October 27, 2003 Examiner: Unknown
For: OPTICAL SHIFTER AND PROJECTION TYPE
OPTICAL DISPLAY SYSTEM

L E T T E R

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

October 27, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on the following application(s):

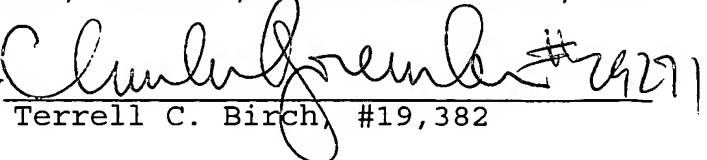
<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
JAPAN	2002-313124	October 28, 2002

A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 02-2448 for any additional fee required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By  #19,382
Terrell C. Birch, #19,382

TCB/RWD/rem
4539-0110P

P.O. Box 747
Falls Church, VA 22040-0747
(703) 205-8000

Attachment(s)

Hiromi KNOX

4539-0110P

October 27, 2003

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

4539-0110P

October 27, 2003

10P1

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 2 年 1 0 月 2 8 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 2 - 3 1 3 1 2 4
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 1 3 1 2 4]

出 願 人
Applicant(s): シャープ株式会社

2 0 0 3 年 9 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 8 3 2 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J02853

【提出日】 平成14年10月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 27/28
G02F 1/13
G02F 1/1335
G03B 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 加藤 浩巳

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 柴谷 岳

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100101683

【弁理士】

【氏名又は名称】 奥田 誠司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 082969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208454

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学シフト素子および投影型画像表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射した光の光軸の位置をシフトさせて出射し得る第 1 の光学シフト部および第 2 の光学シフト部を備え、前記第 1 の光学シフト部を透過した光が前記第 2 の光学シフト部に入射するよう配置された光学シフト素子であって、

各光学シフト部は、印加電圧に応じて光の偏向方向を変調する液晶セルを 1 つ含む液晶素子、および、偏向方向によって屈折率が異なっており、前記液晶素子を透過した光が入射する複屈折素子を含み、

前記第 1 の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量は、前記第 2 の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量の実質的に 2 倍になっている光学シフト素子。

【請求項 2】 前記第 1 の光学シフト部および前記第 2 の光学シフト部の複屈折素子が有する光学軸の向きは互いに一致している請求項 1 に記載の光学シフト素子。

【請求項 3】 入射した光の光軸の位置をシフトさせて出射し得る第 1 の光学シフト部および第 2 の光学シフト部を備え、前記第 1 の光学シフト部を透過した光が前記第 2 の光学シフト部に入射するよう配置された光学シフト素子であって、

各光学シフト部は、印加電圧に応じて光の偏向方向を変調する第 1 および第 2 の液晶セルを含む液晶素子、および、偏向方向によって屈折率が異なっており、前記液晶素子を透過した光が入射する複屈折素子を含み、

前記第 1 の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量は、前記第 2 の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量と実質的に等しく、

前記第 1 の光学シフト部および前記第 2 の光学シフト部の複屈折素子が有する光学軸の向きは互いに一致している光学シフト素子。

【請求項 4】 入射した光の光軸の位置をシフトさせて出射し得る第 1 の光学

シフト部および第2の光学シフト部を備え、前記第1の光学シフト部を透過した光が前記第2の光学シフト部に入射するよう配置された光学シフト素子であって、

各光学シフト部は、印加電圧に応じて光の偏向方向を変調する第1および第2の液晶セルを含む液晶素子、および、偏向方向によって屈折率が異なっており、前記液晶素子を透過した光が入射する複屈折素子を含み、

前記第1の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量ならびに前記第2の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量は2：1または1：2の関係を実質的に満たし、

前記第1の光学シフト部および前記第2の光学シフト部の複屈折素子が有する光学軸は、同一平面上にあり、かつ、前記入射した光の光軸に対して、反対に傾斜している光学シフト素子。

【請求項5】 前記第1の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量は、前記第2の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量の実質的に2倍になっている請求項4に記載の光学シフト素子。

【請求項6】 前記第1の光学シフト部および第2の光学シフト部の液晶素子に印加する電圧によって、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸と一致している第1の位置、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸から Δd 離れた第2の位置、または、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸から $2\Delta d$ 離れた第3の位置に前記第2の光学シフト部から出射する光の光軸を設定することができる請求項1に記載の光学シフト素子。

【請求項7】 前記第1の光学シフト部および第2の光学シフト部の液晶素子に印加する電圧によって、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸と一致している第1の位置、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸から Δd 離れた第2の位置、または、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸から $2\Delta d$ 離れた第3の位置に前記第2の光学シフト部から出射する光の光軸を設定することができる請求項3または4に記載の光学シフト素子。

【請求項8】 前記第1の光学シフト部および第2の光学シフト部の液晶素子に印加する電圧によって、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸と一致し

ている第1の位置、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸から Δd 離れた第2の位置、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸から $2\Delta d$ 離れた第3の位置、または、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸から $3\Delta d$ 離れた第4の位置に前記第2の光学シフト部から出射する光の光軸を設定することができる請求項2に記載の光学シフト素子。

【請求項9】 前記第1の光学シフト部および第2の光学シフト部の液晶素子に印加する電圧によって、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸と一致している第1の位置、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸から Δd 離れた第2の位置、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸から $2\Delta d$ 離れた第3の位置、または、前記第1の光学シフト部に入射した光の光軸から $3\Delta d$ 離れた第4の位置に前記第2の光学シフト部から出射する光の光軸を設定することができる請求項5に記載の光学シフト素子。

【請求項10】 前記液晶セルは屈折率異方性 $\Delta\epsilon$ が正であるTNモード液晶セルであり、前記複屈折素子は単軸結晶の水晶板である請求項6に記載の光学シフト素子。

【請求項11】 前記液晶セルは屈折率異方性 $\Delta\epsilon$ が正であるTNモード液晶セルであり、前記複屈折素子は単軸結晶の水晶板である請求項8に記載の光学シフト素子。

【請求項12】 前記第1および第2の液晶セルは、それぞれ屈折率異方性 $\Delta\epsilon$ が正であって、旋光方向が反対の関係にあるTNモード液晶セルであり、対向する面においてダイレクタが相互に直交するように前記第1および第2の液晶セルは配置されており、前記複屈折素子は単軸結晶の水晶板である請求項7に記載の光学シフト素子。

【請求項13】 前記第1および第2の液晶セルはそれぞれ屈折率異方性 $\Delta\epsilon$ が正であり、旋光方向が反対の関係にあるTNモード液晶セルであり、対向する面においてダイレクタが相互に直交するように前記第1および第2の液晶セルは配置されており、前記複屈折素子は単軸結晶の水晶板である請求項9に記載の光学シフト素子。

【請求項14】 請求項10に記載の光学シフト素子を駆動するための光学シ

フト素子駆動方法であって、前記第 1 の位置、第 2 位置および第 3 の位置の順に繰り返して前記第 2 の光学シフト部から出射する光の光軸がシフトし、前記各位置から次の位置へ光の光軸をシフトさせる際に、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の液晶セルに印加されていた電圧を同時に停止しないよう、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の液晶セルの印加する電圧を設定する光学シフト素子駆動方法。

【請求項 15】 請求項 10 に記載の光学シフト素子を駆動するための光学シフト素子駆動方法であって、前記第 1 の位置、第 2 位置、第 3 の位置、第 1 の位置、第 3 位置および第 2 の位置の順に繰り返して前記第 2 の光学シフト部から出射する光の光軸がシフトし、前記各位置から次の位置へ光の光軸をシフトさせる際に、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の液晶セルに印加されていた電圧を同時に停止する回数が最小となるよう、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の液晶セルの印加する電圧を設定する光学シフト素子駆動方法。

【請求項 16】 請求項 11 に記載の光学シフト素子を駆動するための光学シフト素子駆動方法であって、前記第 1 の位置、第 2 位置、第 3 の位置および第 4 の位置の順に繰り返して前記第 2 の光学シフト部から出射する光の光軸がシフトし、前記各位置から次の位置へ光の光軸をシフトさせる際に、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の液晶セルに印加されていた電圧を同時に停止しないよう、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の液晶セルの印加する電圧を設定する光学シフト素子駆動方法。

【請求項 17】 請求項 12 または 13 に記載の光学シフト素子を駆動するための光学シフト素子駆動方法であって、前記第 1 の位置、第 2 位置および第 3 の位置の順に繰り返して前記第 2 の光学シフト部から出射する光の光軸がシフトし、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の第 1 および第 2 の液晶セルが上記繰り返しの間、電圧の印加が停止されている期間が少なくとも前記各位置の 1 つを選択している期間よりも長くなるよう前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の第 1 および第 2 の液晶セルの印加する電圧を設定する光学シフト素子駆動方法。

【請求項 1 8】 光源と、

各々が光を変調することができる複数の画素領域を有する画像表示パネルと、
前記光源からの光を複数の波長域の光に分離し、前記分離された波長域の光を
その波長域に応じて前記複数の画素領域のうちの対応する画素領域に集光させる
光制御手段と、

前記画像表示パネルで変調された光によって被投影面上に画像を形成する光学
系と、

前記画像を構成する各フレーム画像のデータから複数のサブフレーム画像のデ
ータを生成し、前記画像表示パネルによって前記複数のサブフレーム画像を時分
割で表示させる回路と、

前記画像表示パネルによって表示される前記複数のサブフレーム画像のうち選
択されたサブフレーム画像を前記被投影面上でシフトさせる請求項 1 から 1 3 の
いずれかに記載の光学シフト素子と、

を備えた投影型画像表示装置。

【発明の詳細な説明】**【0 0 0 1】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、ヘッド・マウント・ディスプレイや投影型画像表示装置などにおい
て画像の位置がシフトするよう光の光軸をシフトさせる光学シフト素子および、
光学シフト素子の駆動方法に関する。また本発明はそのような光学シフト素子を
用いた投影型画像表示装置にも関する。

【0 0 0 2】**【従来の技術】**

画像表示装置として、液晶表示パネルを用いた投影型画像表示装置が従来より
知られている。液晶表示パネルを用いた投影型画像表示装置では、液晶表示パネ
ル自体が発光しないため、別に光源を設ける必要がある。しかし、C R Tを用い
た投影型画像表示装置と比較すると、色再現範囲が広い、小型、軽量、コンバー
ジェンス調整が不用などの非常に優れた特徴を持っている。

【0 0 0 3】

液晶表示パネルを用いた投影型画像表示装置によってフルカラー表示を行うには、3原色に応じて液晶表示パネルを3枚用いる3板式と、1枚のみを用いる単板式がある。

【0004】

3板式の投影型画像表示装置では、白色光を赤(R)、緑(G)、および青(B)の3原色それぞれに分割する光学系と、R、G、およびB色の光をそれぞれ変調して画像を形成する3枚の液晶表示パネルとを用い、R、G、およびB色の各々の画像を光学的に重畳することによってフルカラーの表示を実現している。

【0005】

3板式の投影型画像表示装置では、白色光源から放射される光を有効に利用できるが、光学系が複雑で部品点数が多くなってしまうため、一般に、コストおよびサイズの観点で単板式の投影型画像表示装置よりも不利である。

【0006】

単板式の投影型画像表示装置は、モザイク状またはストライプ状に配列した3原色のカラーフィルタを備えた1枚の液晶表示パネルを用いる。そして、液晶表示パネルで表示したフルカラー画像を投影光学系によってスクリーンなどの被投影面に投影する。このような単板式の投影型画像表示装置は、例えば特許文献1に記載されている。単板式の場合、1枚の液晶表示パネルを用いるので、光学系も3板式の場合に比較して単純な構成で済み、小型の投影型画像表示装置を低コストで提供するのに適している。

【0007】

しかし、カラーフィルタを用いる単板式の場合、カラーフィルタでの光吸収が発生するため、同等の光源を用いた3板式の場合と比較して画像の明るさが約1/3に低下してしまう。また、液晶表示パネルのR、G、Bに対応する3つの画素領域が1組となって1画素の表示を行う必要があるため、画像の解像度も3板式の解像度の1/3に低下してしまう。

【0008】

光源を明るくすることは明るさ低下に対する1つの解決法であるが、民生用として使用する場合、消費電力の大きな光源を用いることは好ましくない。また、

吸収タイプのカラーフィルタを用いる場合、カラーフィルタに吸収された光のエネルギーは熱に変わるため、いたずらに光源を明るくすると、液晶表示パネルの温度上昇を引き起こすだけでなく、カラーフィルタの退色が加速される。従って、与えられた光をいかに有効に利用するかが、投影型画像表示装置の利用価値を向上させる上で重要な課題である。

【 0 0 0 9 】

単板式投影型画像表示装置による画像の明るさを向上させるため、カラーフィルタを用いずにフルカラー表示を行う液晶表示装置がたとえば特許文献 2 に開示されている。この液晶表示装置では、光源から放射された白色光をダイクロイックミラーのような誘電体ミラーによって R、G、B の各光束に分割し、液晶表示パネルの光源側に配置されたマイクロレンズアレイに異なった角度で入射させる。マイクロレンズに入射した各光束は、マイクロレンズを透過することによって、入射角に応じて対応する画素領域に集光される。このため、分離された R、G、B の各光束は、別々の画素領域で変調され、フルカラー表示に用いられる。

【 0 0 1 0 】

上記の誘電体ミラーを用いる代わりに、R、G、B 光に対応する透過型のホログラム素子を用いて光利用率向上を図った表示装置が特許文献 3 に開示され、画素ピッチに対応した周期的構造を透過型ホログラム素子に持たせ、誘電体ミラーおよびマイクロレンズの機能を与えた装置が特許文献 4 に開示されている。

【 0 0 1 1 】

単板式のもう 1 つの課題である解像度については、フィールド順次方式を採用することによって 1 枚の液晶表示パネルで 3 板式と同等の解像度を得ることができる。フィールド順次方式では、人間の視覚で分解できない速さで光源の色の切り替えを行うことにより、時分割表示される各画像の色が加法混色によって構成される現象（継続加法混色）を利用する。

【 0 0 1 2 】

フィールド順次方式でフルカラー表示を行う投影型画像表示装置は、例えば、図 2 8 に示す構成を有している。この表示装置では、R、G、B のカラーフィルタから構成された円盤を液晶表示パネルの垂直走査周期に合わせて高速に回転さ

せ、カラーフィルタの色に対応した画像信号を液晶表示パネルの駆動回路に順次入力する。人間の目には、各色に対する画像の合成像が認識される。

【 0 0 1 3 】

このようなフィールド順次方式の表示装置によれば、単板式と異なり、液晶表示パネルの各画素で R、G、B 画像を時分割で表示するため、その解像度は 3 板式と同等レベルになる。

【 0 0 1 4 】

フィールド順次方式の他の表示装置として、R、G、B の各々の光束で液晶表示パネルの異なる領域を照射する投影型画像表示装置が非特許文献 1 に開示されている。この表示装置では、光源から放射された白色光を誘電体ミラーによって R、G、B の光束に分離し、R、G、B の各々の光束で液晶表示パネルの異なる領域を照射する。液晶表示パネルに対する R、G、B の光照射位置は、キューブ状のプリズムを回転させることによって順次切り替えられる。

【 0 0 1 5 】

しかしながら、特許文献 2、特許文献 3 および特許文献 4 等に記載されている装置によれば、確かに明るさは改善されるが、解像度は 3 板式の $1/3$ のままである。その理由は、1 つの画素（ドット）を表示するのに空間的に分離された R、G、および B 用の 3 つ画素を 1 組として用いるためである。

【 0 0 1 6 】

これに対して、通常のフィールド順次方式の場合は解像度が 3 板式の解像度と同等レベルに改善される。しかし、画像の明るさに関しては、カラーフィルタを用いるため、従来の単板式と同様の問題を有している。

【 0 0 1 7 】

一方、非特許文献 1 に記載されている上記の表示装置の場合、R、G、B の光照射位置を相互に重複させないようにする必要があるが、そのためには平行度が非常に優れた照明光を必要とする。従って、照明光の平行度の規制によって光の利用効率が低下してしまうことになる。

【 0 0 1 8 】

以上のように、上述した従来技術では、何れも、単板式の課題である明るさお

よび解像度の両方を改善させることは実現していない。

【0019】

これに対して、出願人は、特許文献5および6に示す単板式の投影型画像表示装置を提案している。

【0020】

特許文献5に記載されている投影型画像表示装置では、特許文献2に記載されている液晶表示装置と同様の液晶表示装置を用い、同様の方法で白色光を色毎の光束に分割し、各光束を異なった角度で画素領域に入射させている。この投影型画像表示装置では、光利用効率の向上と高解像度化の両立を実現するために、各フレーム画像を複数のサブフレーム画像に時分割し、液晶表示パネルの垂直走査周期に同期させて光束の入射角度を周期的に切り替えている。

【0021】

また、特許文献6に示す投影型画像表示装置では、ダイクロイックミラーを用いて白色光をR、G、Bの光束に分割し、マイクロレンズアレイを用いて各光束を異なった角度で画像表示パネルの異なる画素領域に入射させる。画像表示パネルには、画像を構成する各フレーム画像のデータから生成された複数のサブフレーム画像のデータを時分割で表示させる。そして、これらのサブフレーム画像を被投影面上で順次シフトさせることにより、画像表示パネルの異なる画素領域で変調された異なる波長域に属する光（R、G、B光）で被投影面上の同一領域を順次照射する。

【0022】

これらの投影型画像表示装置によれば、カラーフィルタを用いないため、高い光の利用効率が達成することができ、また、高解像度の画像を表示させることができる。

【0023】

【特許文献1】

特開昭59-230383号公報

【特許文献2】

特開平4-60538号公報

【特許文献 3】

特開平 5 - 2 4 9 3 1 8 号公報

【特許文献 4】

特開平 6 - 2 2 2 3 6 1 号公報

【特許文献 5】

特開平 9 - 2 1 4 9 9 7 号公報

【特許文献 6】

国際公開第 J P 0 1 / 0 5 0 4 1 号パンフレット

【非特許文献 1】

第 6 回 インターナショナルディスプレイワークショップ (I D W) 予稿集、 1 9 9 9 年 1 2 月、 P 9 8 9 ~ P 9 9 2

【 0 0 2 4 】**【発明が解決しようとする課題】**

上述の特許文献 5 および 6 に開示された画像表示装置のうち、特許文献 6 の画像表示装置では、画像を構成する各フレーム画像のデータから生成された複数のサブフレーム画像を被投影面上で順次シフトさせる必要がある。このサブフレーム画像は、フレーム画像を時分割で表示するので、サブフレーム画像を被投影面上で順次シフトさせるタイミングは、フレーム画像の周期よりもさらに短い時間で行う必要がある。

【 0 0 2 5 】

特許文献 6 の画像表示装置では、この画像のシフトを入射光の偏光方向によって異なる屈折率を示す複屈折素子と、複屈折素子に入射する光の偏光方向を切り換えるための偏光方向切替素子とを有する光学シフト素子によって行っている。この場合、偏光方向切替素子による偏光方向の切り替えが、表示画像の切り替わりに応じて確実に行われないと本来表示すべき画素でない画素が表示されることになり、解像度の低下や、被投影面の画面内に、周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質を損なう。特に早い応答速度で偏光方向の切り替えることができる必要がある。

【 0 0 2 6 】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、応答速度が速い光学シフト素子、その駆動方法、および、それを用いた明るく高解像度で均一かつ高品質な表示を実現し、小型化および低コスト化に適した投影型画像表示装置を提供することにある。

【0027】

【課題を解決するための手段】

本発明の光学シフト素子は、入射した光の光軸の位置をシフトさせて出射し得る第1の光学シフト部および第2の光学シフト部を備え、前記第1の光学シフト部を透過した光が前記第2の光学シフト部に入射するよう配置されている。各光学シフト部は、印加電圧に応じて光の偏向方向を変調する液晶セルを1つ含む液晶素子、および、偏向方向によって屈折率が異なっており、前記液晶素子を透過した光が入射する複屈折素子を含み、前記第1の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量は、前記第2の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量の実質的に2倍になっている。

【0028】

ある好ましい実施形態において、前記第1の光学シフト部および前記第2の光学シフト部の複屈折素子が有する光学軸の向きは互いに一致している。

【0029】

また、本発明の光学シフト素子は、入射した光の光軸の位置をシフトさせて出射し得る第1の光学シフト部および第2の光学シフト部を備え、前記第1の光学シフト部を透過した光が前記第2の光学シフト部に入射するよう配置されている。各光学シフト部は、印加電圧に応じて光の偏向方向を変調する第1および第2の液晶セルを含む液晶素子、および、偏向方向によって屈折率が異なっており、前記液晶素子を透過した光が入射する複屈折素子を含み、前記第1の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量は、前記第2の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量と実質的に等しく、前記第1の光学シフト部および前記第2の光学シフト部の複屈折素子が有する光学軸の向きは互いに一致している。

【0030】

また、本発明の光学シフト素子は、入射した光の光軸の位置をシフトさせて出射し得る第 1 の光学シフト部および第 2 の光学シフト部を備え、前記第 1 の光学シフト部を透過した光が前記第 2 の光学シフト部に入射するよう配置されている。各光学シフト部は、印加電圧に応じて光の偏向方向を変調する第 1 および第 2 の液晶セルを含む液晶素子、および、偏向方向によって屈折率が異なっており、前記液晶素子を透過した光が入射する複屈折素子を含み、前記第 1 の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量ならびに前記第 2 の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量は 2 : 1 または 1 : 2 の関係を実質的に満たし、前記第 1 の光学シフト部および前記第 2 の光学シフト部の複屈折素子が有する光学軸は、同一平面上にあり、かつ、前記入射した光の光軸に対して、反対に傾斜している。

【 0 0 3 1 】

ある好ましい実施形態において、前記第 1 の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量は、前記第 2 の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量の実質的に 2 倍になっている。

【 0 0 3 2 】

ある好ましい実施形態において、前記第 1 の光学シフト部および第 2 の光学シフト部の液晶素子に印加する電圧によって、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸と一致している第 1 の位置、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸から Δd 離れた第 2 の位置、または、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸から $2 \Delta d$ 離れた第 3 の位置に前記第 2 の光学シフト部から出射する光の光軸を設定することができる。

【 0 0 3 3 】

ある好ましい実施形態において、前記第 1 の光学シフト部および第 2 の光学シフト部の液晶素子に印加する電圧によって、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸と一致している第 1 の位置、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸から Δd 離れた第 2 の位置、または、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸から $2 \Delta d$ 離れた第 3 の位置に前記第 2 の光学シフト部から出射する光の光軸を設定することができる。

【 0 0 3 4 】

ある好ましい実施形態において、前記第 1 の光学シフト部および第 2 の光学シフト部の液晶素子に印加する電圧によって、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸と一致している第 1 の位置、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸から Δd 離れた第 2 の位置、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸から $2 \Delta d$ 離れた第 3 の位置、または、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸から $3 \Delta d$ 離れた第 4 の位置に前記第 2 の光学シフト部から出射する光の光軸を設定することができる。

【 0 0 3 5 】

ある好ましい実施形態において、前記第 1 の光学シフト部および第 2 の光学シフト部の液晶素子に印加する電圧によって、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸と一致している第 1 の位置、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸から Δd 離れた第 2 の位置、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸から $2 \Delta d$ 離れた第 3 の位置、または、前記第 1 の光学シフト部に入射した光の光軸から $3 \Delta d$ 離れた第 4 の位置に前記第 2 の光学シフト部から出射する光の光軸を設定することができる。

【 0 0 3 6 】

ある好ましい実施形態において、前記液晶セルは屈折率異方性 $\Delta \epsilon$ が正である TN モード液晶セルであり、前記複屈折素子は単軸結晶の水晶板である。

【 0 0 3 7 】

ある好ましい実施形態において、前記液晶セルは屈折率異方性 $\Delta \epsilon$ が正である TN モード液晶セルであり、前記複屈折素子は単軸結晶の水晶板である。

【 0 0 3 8 】

ある好ましい実施形態において、前記第 1 および第 2 の液晶セルは、それぞれ屈折率異方性 $\Delta \epsilon$ が正であって、旋光方向が反対の関係にある TN モード液晶セルであり、対向する面においてダイレクタが相互に直交するように前記第 1 および第 2 の液晶セルは配置されており、前記複屈折素子は単軸結晶の水晶板である。

【 0 0 3 9 】

ある好ましい実施形態において、前記第 1 および第 2 の液晶セルはそれぞれ屈折率異方性 $\Delta \epsilon$ が正であり、旋光方向が反対の関係にある TN モード液晶セルであり、対向する面においてダイレクタが相互に直交するように前記第 1 および第 2 の液晶セルは配置されており、前記複屈折素子は単軸結晶の水晶板である。

【0 0 4 0】

また、本発明の上記光学シフト素子の駆動方法は、前記第 1 の位置、第 2 位置および第 3 の位置の順に繰り返して前記第 2 の光学シフト部から出射する光の光軸がシフトし、前記各位置から次の位置へ光の光軸をシフトさせる際に、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の液晶セルに印加されていた電圧を同時に停止しないよう、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の液晶セルの印加する電圧を設定する。

【0 0 4 1】

また、本発明の上記光学シフト素子の駆動方法は、前記第 1 の位置、第 2 位置、第 3 の位置、第 1 の位置、第 3 位置および第 2 の位置の順に繰り返して前記第 2 の光学シフト部から出射する光の光軸がシフトし、前記各位置から次の位置へ光の光軸をシフトさせる際に、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の液晶セルに印加されていた電圧を同時に停止する回数が最小となるよう、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の液晶セルの印加する電圧を設定する。

【0 0 4 2】

また、本発明の上記光学シフト素子の駆動方法は、前記第 1 の位置、第 2 位置、第 3 の位置および第 4 の位置の順に繰り返して前記第 2 の光学シフト部から出射する光の光軸がシフトし、前記各位置から次の位置へ光の光軸をシフトさせる際に、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の液晶セルに印加されていた電圧を同時に停止しないよう、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の液晶セルの印加する電圧を設定する。

【0 0 4 3】

また、本発明の上記光学シフト素子の駆動方法は、前記第 1 の位置、第 2 位置および第 3 の位置の順に繰り返して前記第 2 の光学シフト部から出射する光の光

軸がシフトし、前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の第 1 および第 2 の液晶セルが上記繰り返しの間、電圧の印加が停止されている期間が少なくとも前記各位置の 1 つを選択している期間よりも長くなるよう前記第 1 の画像シフト部および前記第 2 の画像シフト部の第 1 および第 2 の液晶セルの印加する電圧を設定する。

【 0 0 4 4 】

また本発明の投影型画像表示装置は、光源と、各々が光を変調することができる複数の画素領域を有する画像表示パネルと、前記光源からの光を複数の波長域の光に分離し、前記分離された波長域の光をその波長域に応じて前記複数の画素領域のうちの対応する画素領域に集光させる光制御手段と、前記画像表示パネルで変調された光によって被投影面上に画像を形成する光学系と、前記画像を構成する各フレーム画像のデータから複数のサブフレーム画像のデータを生成し、前記画像表示パネルによって前記複数のサブフレーム画像を時分割で表示させる回路と、前記画像表示パネルによって表示される前記複数のサブフレーム画像のうち選択されたサブフレーム画像を前記被投影面上でシフトさせる請求項 1 から 1 3 のいずれかに記載の光学シフト素子とを備える。

【 0 0 4 5 】

【発明の実施の形態】

本発明の光学シフト素子を用いた投影型画像表示装置では、特許文献 6 に開示されているように、光源から出射する白色光を、ダイクロイックミラーなどの光制御手段を用いて、赤（R）、緑（G）、青（B）の波長領域にその成分を持つ光に分離する。分離された R、G、B 光は、マイクロレンズアレイを用いて画像表示パネルの異なる画素領域に異なった角度で入射される。分離された R、G、B 光は、時間の経過にかかわらず、同一の画層領域には、同じ色の光が照射される。

【 0 0 4 6 】

画像表示パネルには、画像を構成する各フレーム画像のデータから生成された複数のサブフレーム画像のデータを時分割で表示させる。たとえば、各フレーム画像は、3 つのサブフレーム画像に分割され、3 つのサブフレーム画像は、画像

表示パネル上において、1画素分ずつシフトして表示される。この時、あるフレーム画像を構成する1つの画素に注目すると、この画素は、R、G、B光がそれぞれ照射されている画像表示パネル上の画素領域に対応する。

【0047】

画像表示パネルに異なった角度で入射したR、G、Bの光は互いに異なった角度で画像表示パネルから出射する。出射するR、G、Bの光は、サブフレーム画像のデータを用いて画像表示パネルにより変調されるため、サブフレーム画像となる。

【0048】

これらの複数のサブフレーム画像のうち、選択されたサブフレーム画像は、光学シフト素子によって、被投影面上においてその位置がシフトされて表示される。本発明では、光学シフト素子として、入射光の偏光方向によって異なる屈折率を示す複屈折素子と、複屈折素子に入射する光の偏光方向を切り換えるための偏光方向切替素子とを用いる。

【0049】

偏光方向切替素子としてTNモードの液晶表示パネルを用いた場合、そのTNモード液晶パネルが早い応答速度で偏光方向の切り替えることができ、また波長により、偏光方向の切り替えに差異が生じないことが重要である。

【0050】

しかし、TNモード液晶では、一般に電圧を印加することにより、液晶分子の向きが速やかに変化するのに対して、電圧の印加を停止することにより、液晶分子が元の状態に遷移する速度は遅い。つまり、電圧をONにした時の応答は速いが、電圧をOFFにしたときの応答は遅い。このため、光学シフト素子において、偏光方向切替素子に印加していた電圧を停止した場合の偏光方向の切替が遅くなり、画像のシフトが遅くなる。このことは、本来表示すべき位置とは異なる位置に画素が表示されることになり、解像度の低下につながる。

【0051】

また、TNモード液晶がノーマリ状態にあるとき、設計波長の光の偏波面は、液晶により、90度回転させられる。しか、設計波長から外れるにしたがって、

光の偏波面は完全に 90 度回転することができず、偏光方向が切り替らない成分が発生する。たとえば、波長 550 nm の G 光を用いて、TN モード液晶パネルを設計した場合、R 光および B 光は本来表示すべき位置とは違う画素に表示されることになり、その結果、解像度の低下およびドット感による画質の劣化を引きこす。

【0052】

このため、本発明では、偏光方向の切り替えを短時間で行うことができ、波長による偏光方向の特異性の少ない光学シフト素子を提供する。なお、本発明の適用範囲は投影型画像表示装置に限定されず、ビューワーやヘッド・マウント・ディスプレイなどの直視型画像表示装置にも好適に適用されるが、以下においては、投影型の画像表示装置を例にとり、本発明の好ましい実施形態を説明する。

【0053】

まず、図 1 から図 3 を参照しながら本実施形態光学シフト素子を用いる投影型画像表示装置の構造を概略的に説明する。

【0054】

本実施形態の投影型画像表示装置は、光源 1 と、液晶表示パネル 8 と、光源 1 からの光を波長域に応じて液晶表示パネル 8 の対応する画素領域に集光させる光制御手段と、液晶表示パネル 8 によって変調された光を被投影面上に投射する投影光学系とを備えている。

【0055】

この投影型画像表示装置は、更に、光源 1 から後方に出た光（白色光）を前方に反射する球面鏡 2 と、光源 1 および球面鏡 2 からの光を平行光束にするコンデンサーレンズ 3 と、この光束を波長域に応じて複数の光束に分離するダイクロイックミラー 4～6 を備えている。ダイクロイックミラー 4～6 によって反射された光は、波長域に応じて異なる角度でマイクロレンズアレイ 7 に入射する。マイクロレンズアレイ 7 は液晶表示パネル 8 の光源側基板に取り付けられており、異なる角度でマイクロレンズ 7 に入射した光は、それぞれ異なる位置の対応する画素領域に集められる。

【0056】

本投影型画像表示装置の投影光学系は、フィールドレンズ 9 および投影レンズ 11 から構成されており、液晶表示パネル 8 を透過した光束 12 をスクリーン（被投影面）13 に投射する。本実施形態では、フィールドレンズ 9 と投影レンズ 11 との間に、光学シフト素子 10 が配置されている。図 1 には、光学シフト素子 10 によって被投影面に平行な方向にシフトされた光束 12a、12b が示されている。光束のシフトを行うには、光学シフト素子 10 は液晶表示パネル 8 とスクリーン 13 との間の何れかの位置に挿入されていけばよく、投影レンズ 11 とスクリーン 13 との間に配置されていても良い。

【0057】

次に、本投影型画像表示装置の各構成要素を順番に説明する。

【0058】

本実施形態においては、光源 1 として、光出力 150W、アーク長 5mm、アーク径 2.2mm のメタルハライドランプを用い、このランプをアーク長方向が図面の紙面と平行となるように配置している。光源 1 としては、メタルハライドランプ以外に、ハロゲンランプ、超高圧水銀ランプ、またはキセノンランプ等を用いても良い。本実施形態で使用する光源 1 は、三原色に対応する 3 つの波長域の光を含む白色光を放射する。

【0059】

光源 1 の背面には球面鏡 2 が配置され、光源 1 の前面には口径 80mm ϕ 、焦点距離 60mm のコンデンサーレンズ 3 が配置されている。球面鏡 2 は、その中心が光源 1 の発光部の中心と一致するように配置されており、コンデンサーレンズ 3 は、その焦点が光源 1 の中心と一致するように配置されている。

【0060】

このような配置構成により、光源 1 から出射された光は、コンデンサーレンズ 3 によって平行化され、液晶表示パネル 8 を照らすことになる。コンデンサーレンズ 3 を通過した光の平行度は、例えば、アーク長方向（図 1 の紙面に平行な方向）に約 2.2°、アーク径方向に約 1° となる。

【0061】

本実施形態で使用する液晶表示パネル 8 は、光源側の透明基板上にマイクロレ

ンズアレイ 7 が配置された透過型液晶表示素子である。液晶の種類や動作モードは任意であるが、高速動作し得るものであることが好ましい。本実施形態では T N（ツイステッド・ネマティック）モードで動作する。液晶表示パネル 8 には、光を変調するための複数の画素領域が設けられているが、本願明細書における「画素領域」とは、画像表示パネルにおいて空間的に分離された個々の光変調部を意味する。液晶表示パネル 8 の場合は、個々の画素領域に対応する画素電極によって液晶層の対応部分に電圧が印加され、その部分の光学特性が変化することによって光の変調が行われる。

【 0 0 6 2 】

この液晶表示パネル 8 では、例えば 7 6 8（H）× 1 0 2 4（V）の走査線がノンインターレースで駆動される。液晶表示パネル 8 の画素領域は透明基板上に二次元的に配列されており、本実施形態の場合、画素領域のピッチは水平方向に沿って測定した値も垂直方向に沿って計測した値も $26\mu\text{m}$ である。図 2 は、図 1 に示す液晶表示パネル 8 近傍の構造を拡大して示している。図 2 に示すように本実施形態の場合、R 用、G 用、B 用画素領域 8 R、8 G、8 B は、それぞれ、画面の水平方向（図 2 では紙面に垂直な方向）に沿ってストライプ状に配列され、各マイクロレンズ 7 a が 3 つの画素領域（R 用、G 用、B 用画素領域 8 R、8 G、8 B）からなるセットに割り当てられている。

【 0 0 6 3 】

本実施形態においては、R 用、G 用、B 用画素領域 8 R、8 G、8 B は、それぞれ、画面の水平方向（図 2 では紙面に垂直な方向）に沿ってストライプ状に配列されているが、各マイクロレンズ 7 a が 3 つの画素領域（R 用、G 用、B 用画素領域 8 R、8 G、8 B）からなるセットに割り当てられてさえいれば、R 用、G 用、B 用画素領域 8 R、8 G、8 B はモザイク状に配列されていても良い。

液晶表示パネル 8 を照射する R、G、および B 光は、図 1 に示すように、光源 1 から放射された白色光をダイクロイックミラー 4、5、および 6 によって分離したものであり、液晶表示パネル 8 上のマイクロレンズアレイ 7 へ異なる角度で入射する。R、G、および B 光の入射角度を適切に設定することにより、図 2 に

示すように、マイクロレンズ 7 によって各波長域に対応する画素領域へ適切に振り分けられる。本実施形態では、マイクロレンズ 7 の焦点距離を $120\ \mu\text{m}$ とし、各光束がなす角度が 10.02° になるように設計している。より詳細には、R 光は液晶表示パネル 8 に対して垂直に入射し、B 光および G 光は、それぞれ、R 光に対して 10.02° の角度で入射する。

【0064】

ダイクロイックミラー 4、5、および 6 は、図 3 に示すような分光特性を有しており、それぞれ、緑色 (G)、赤色 (R)、および青色 (B) の光を選択的に反射する。G 光の波長域は $520\sim 580\text{ nm}$ 、R 光の波長域は $600\sim 650\text{ nm}$ 、B 光の波長域は $420\sim 480\text{ nm}$ である。

【0065】

本実施形態では、3 原色の光に対応する画素領域に集めるためにダイクロイックミラー 4～6 およびマイクロレンズアレイ 7 を用いているが、他の光学的な手段（例えば、光の回折・分光機能を付与された透過型ホログラム）を用いても良い。

【0066】

上述したように液晶表示パネル 8 はノンインターレースで駆動されるため、1 秒間に 60 フレームの画像が表示され、各フレームに割り当てられる時間（フレーム期間） T は $1/60$ 秒、すなわち、 $T = 1/60$ （秒） $\div 16.6$ （ミリ秒）となる。なお、インターレースで駆動される場合は、画面内の走査線を偶数ラインと奇数ラインに分け、交互に表示していくため、 $T = 1/30$ （秒） $\div 33.3$ （ミリ秒）となる。また、各フレームを構成する偶数フィールドおよび奇数フィールドの各々に割り当てられた時間（1 フィールド期間）は、 $1/60 \div 16.6$ （ミリ秒）となる。

【0067】

本実施形態の投影型画像表示装置は、各フレーム画像の情報（データ）からなる画像データを受け取り、各フレーム画像のデータを逐次フレームメモリに蓄え、そのフレームメモリから選択的に読み出した情報に基づいて複数のサブフレーム画像を順次形成し、サブフレーム画像を画像表示パネル 8 に時分割で表示させ

る液晶パネル駆動回路 14 を備える。以下、液晶パネル駆動回路 14 におけるサブフレーム画像の形成方法を詳細に説明する。

【0068】

例えば、あるフレームの画像（フレーム画像）が図 4（a）に示すような画像であるとする。このフレーム画像はカラー表示されるべきものであり、各画素の色は、上記フレーム画像を規定するデータに基づいて決定される。なお、インターレース駆動の場合は、或るフィールドの画像が本願明細書における「フレーム画像」と同様に取り扱われ得る。

【0069】

まず、図 4（a）に示すカラー表示用のフレームデータから各画素について R、G、および B 光用のデータを分離し、図 4（b）、（c）、および（d）に示すように、R 画像用フレーム、G 画像用フレーム、および B 画像用フレームの各データを生成する。これらのデータは図 5 の左側に示すように、R、G、および B 用フレームメモリにそれぞれ格納される。

【0070】

図 5 の右側部分には、表示サブフレーム 1～3 が示されている。本実施形態によれば、あるフレームの最初の 3 分の 1 の期間（第 1 サブフレーム期間）において、被投影面上には表示サブフレーム 1 の画像が被投影面上に表示される。そして、次の 3 分の 1 の期間（第 2 サブフレーム期間）には、表示サブフレーム 2 の画像が表示され、最後の 3 分の 1 の期間（第 3 サブフレーム期間）には、表示サブフレーム 3 の画像が表示される。本実施形態では、これら 3 つのサブフレーム画像が図 6 に示すようにシフトし、時間的にずれながら合成される結果、人間の目には図 4（a）に示すような原画像が認識されることになる。

【0071】

次に、表示サブフレーム 1 を例にとり、サブフレーム画像のデータ構成を詳細に説明する。まず、表示サブフレーム 1 の第 1 行画素領域用データは、図 6 に示すように、R 用フレームメモリに記憶されている第 1 行目画素（R 1）に関するデータから形成される。表示サブフレーム 1 の第 2 行画素領域用データは、G 用フレームメモリに記憶されている第 2 行目画素（G 2）に関するデータから形成

される。表示サブフレーム 1 の第 3 行画素領域用データは、B 用フレームメモリに記憶されている第 3 行目画素（B 3）に関するデータから形成される。表示サブフレーム 1 の第 4 行画素領域用データは、R 用フレームメモリに記憶されている第 4 行目画素（R 4）に関するデータから形成される。以下、同様の手順で表示サブフレーム 1 のデータが構成される。

【0 0 7 2】

表示サブフレーム 2 および 3 のデータも、表示サブフレーム 1 の場合と同様にして構成される。例えば表示サブフレーム 2 の場合、第 0 行画素領域用データは、B 用フレームメモリに記憶されている第 1 行目画素（B 1）に関するデータから形成され、表示サブフレーム 2 の第 1 行画素領域用データは R 用フレームメモリに記憶されている第 2 行目画素（R 2）に関するデータから形成される。表示サブフレーム 2 の第 2 行画素領域用データは G 用フレームメモリに記憶されている第 3 行目画素（G 3）に関するデータから形成され、表示サブフレーム 2 の第 3 行画素領域用データは B 用フレームメモリに記憶されている第 4 行目画素（B 4）に関するデータから形成される。

【0 0 7 3】

このようにして R、G、および B 用フレームメモリの各々から読み出したデータを予め設定された順序で組み合わせることによって、時分割表示されるサブフレームの各々のデータが生成される。この結果、サブフレーム用データの各々は、R、G、および B の全ての色に関する情報を含んでいるが、R、G、および B のそれぞれについて、空間的には全体の 3 分の 1 の領域に関する情報を有しているだけである。より詳細に述べれば、図 5 から明らかにように、表示サブフレーム 1 は、R 画像フレームの第 1、4、7、10…行の画素に関するデータと、G 画像フレームの第 2、5、8、11…行の画素に関するデータと、B 画像フレームの第 3、6、9、12…行の画素に関するデータとを含む。表示サブフレーム 2 は、B 画像フレームの第 1、4、7、10…行の画素に関するデータと、R 画像フレームの第 2、5、8、11…行の画素に関するデータと、G 画像フレームの第 3、6、9、12…行の画素に関するデータとを含む。また、表示サブフレーム 3 は、G 画像フレームの第 1、4、7、10…行の画素に関するデータと、

B 画像フレームの第 2、5、8、11…行の画素に関するデータと、R 画像フレームの第 3、6、9、12…行の画素に関するデータとを含む。なお、図 5 からわかるように、画像表示パネルの画素領域の全行数は、1 つのサブフレーム画像を構成する画素の全行数よりも 2 行だけ多い。この 2 行は光学シフトのマージンとして機能する。

【0074】

原画像フレームを再現するためには、R 画像フレームの第 1 行、B 画像フレームの第 1 行および G 画像フレームの第 1 行を合成しなければならない。図 5 に示すように、これらの情報は、表示サブフレーム 1、2 および 3 において、1 行目、0 行目および -1 行目に割り当てられる。したがって、これらのサブフレーム画像を被投影面上において、表示サブフレーム 1 に対して、表示サブフレーム 2 は 1 画素分、シフトさせて表示し、表示サブフレーム 1 に対して、表示サブフレーム 3 は 2 画素分シフトさせて表示する。つまり、投影面上の各画素では、3 つの表示サブフレームが順次シフトして表示される。この各サブフレーム間における画像のシフトは駆動回路 15 により駆動される光学シフト素子 10 によって行われる。

【0075】

なお、サブフレームの生成方法および生成したサブフレームの時分割表示方法は、上述した一例に限定されるものではない。特許文献 6 に開示されているように、3 以上のサブフレームを用いて時分割表示をおこなってもよい。

【0076】

次に、光学シフト素子 10 およびサブフレーム画像のシフト方法を説明する。

【0077】

(第 1 の実施形態)

図 7 および図 8 は、光学シフト素子 10 に用いられる光学シフト部 10' を模式的に示している。光学シフト部 10' は、光の偏光方向を直交する 2 つの方向の間で切り換えることにより、画像表示パネル 8 (図 1) によって変調されたサブフレーム画像の偏光方向を変調する第 1 の素子 (液晶素子) g1 と、光の偏光方向によって異なる屈折率を有する物質からなる第 2 の素子 (水晶板) g2 とを

有している。本実施形態では、第1の素子は液晶層および液晶層に電圧を印加する一対の電極を含む液晶セルからなる液晶素子であり、第2の素子は水晶板である。本明細書において、「偏光方向」とは、光の電場ベクトルの振動方向を意味する。偏光方向は、光の伝搬方向に垂直である。また、電場ベクトルと光の伝搬方向の両方を含む平面を「振動面」または「偏光面」と称することとする。

【0078】

図7および図8に示されている例では、画像表示パネル8を出た光は水平方向に偏光しているとする。つまり偏光方向は図において水平方向である。液晶素子g1の液晶層に電圧を印加しない場合には、図7に示すように、画像表示パネル8を出た光の偏光方向は液晶層によって90°だけ回転させられるこれに対し、液晶素子g1の液晶層に適切なレベル電圧を印加している場合は、図8に示すように、画像表示パネル8を出た光の偏光面は、光が液晶素子g1を透過する過程で回転しない。なお、ここでは、回転角度が90°である場合を例示しているが、液晶層の設計によっては、回転角度を任意に設定することが可能である。

【0079】

水晶板g2は、単軸結晶（正結晶）であり、複屈折性を持つため、入射光の偏光方向によって異なる屈折率を示す。水晶板g2は、その光入射面f2が入射光の光軸k0（伝搬方向に平行）と垂直になるように配置されている。水晶板g2の光学軸k2は、図7および図8において、垂直な面内に含まれているが、水晶板g2の光入射面f2からは傾斜している。ここで、「光軸」とは、光の回転対称軸をいい、「光学軸」とは、複屈折性結晶において複屈折の起きない方向の軸をいう。このため、図7に示すように、偏光方向が垂直な光が水晶板g2に入射すると、光は光軸k0と水晶の光学軸k2とがなす角 θ に応じて、光学軸k2を含む面内で屈折し、光は垂直方向に Δd だけシフトする。この場合、水晶板g2の光学軸k2と入射光の光軸k0の両方を含む平面（以下、「主断面」と称する。）が入射光の偏光面と平行な関係にある。このように偏光面が主断面に平行な入射光は、水晶板g2にとって「異常光」である。ここで、角 θ は90度以下の値である。

【0080】

一方、図8に示すように、偏光面が水平方向の光が水晶板 g 2 に入射すると、偏光面が水晶板 g 2 の光学軸 k 2（または主断面）と直交するため、光は屈折せず、光のシフトも生じない。この場合、水晶板 g 2 に入射する光は、水晶板 g 2 にとって「常光」である。

【0081】

このように、液晶素子 g 1 に電圧を印加するか否かによって、水晶板 g 2 に入射する光の偏光方向を制御し、また、偏光方向の異なる光を水晶板 g 2 に入射させることにより、水晶板 g 2 から出射する光のシフトを調節することができる。なお、本実施形態では液晶素子 g 1 に水平方向に偏光した光を入射させて、水晶板 g 2 において光を垂直方向にシフトさせているが、垂直方向に偏光した光を液晶素子 g 1 に入射させ、水晶板 g 2 において光を水平方向にシフトさせてもよい。

【0082】

ここで、図9に示すように、水晶板 g 2 の厚さを t とし、水晶板 g 2 の異常光線屈折率および常光線屈折率をそれぞれ、 n_e および n_o とする。また、光学軸 k 2 が主断面内において入射面 f 2 の法線から θ° 傾斜している場合、水晶板 g 2 に対して垂直に入射する光 L に対する出射光 L' のシフト量 Δd は以下の式で表される。

【0083】

【数1】

$$\Delta d = \frac{(n_e^2 - n_o^2) \sin \theta \cos \theta}{n_e^2 \cos^2 \theta + n_o^2 \sin^2 \theta} t \quad (1)$$

【0084】

Δd ：シフト量

n_e ：異常光線屈折率

n_o ：常光線屈折率

θ ：入射面の法線と光学軸 k 2 とがなす角度

t：水晶板の厚み

【0 0 8 5】

水晶板 $g\ 2$ に対して斜めから入射する光に対する出射光のシフト量 Δd は、式 (1) に対して、媒質中での入射する光の光軸と水晶の光学軸とのなす角を θ とし、水晶板 $g\ 2$ とそれに接する媒質との間の計算にはスネルの公式を適用して、求めることができる。

【0 0 8 6】

この式から、光束のシフト量 Δd と水晶板 $g\ 2$ の厚さ t とは比例し、光学軸の方向 θ によってもシフト量が変わることがわかる。したがって、水晶板 $g\ 2$ の厚さ t 、および、光軸方向 θ を調節することによって、サブフレーム画像のシフト量を任意の値に設定することができる。

【0 0 8 7】

本実施形態の光学シフト部では、液晶層を一对の透明電極で挟み込み、それによって適切な電圧を液晶層の全体に一括的に印加することができるようにしている。また、本実施形態では、屈折率異方性 $\Delta \epsilon$ が正の TN 液晶を用い、電圧を印加したときに、電界の向きに液晶分子を配向させることによって、入射光の偏光方向を回転させず、電圧を印加しないときに、液晶分子を 90° ねじれた配向を行わせることによって入射光の偏光方向を 90° 回転させる。しかし、屈折率異方性 $\Delta \epsilon$ が負の TN 液晶を用い、液晶層に電圧を印加したとき、入射光の偏光方向を 90° 回転させ、電圧を印加しないときに入射光の偏光方向を回転させないようにしてもよい。

【0 0 8 8】

本実施形態では、光学シフト部 10' において、適切な電圧を液晶層の全体に一括的に印加することができるようにしているが、部分的に印加しても良く、さらに、画像表示パネルの走査に同期して、順次対応する液晶層の領域に電圧を印加するとなお良い。

【0 0 8 9】

上述したように、光学シフト部 10' は、図 7 に示す状態、または、第 8 に示す状態をとることによって、画像を Δd だけシフトさせることができる。つまり、2 つの異なる位置を選択することができる。しかし、図 4 から図 6 を参照して説

明したように、R、G、Bの光を被投影面上で重ねあわせるためには、画像パネルにより変調されたサブフレーム画像を1画素分および2画素分、被投影面上でシフトさせる必要があり、したがって、光学シフト素子10は、少なくとも3つの異なる位置を選択できなければならない。

【0090】

このため、本実施形態の光学シフト素子10は、図7（または図8）に示されるような光学シフト部10'を2つ含んでおり、この2つの光学シフト部10'を光路上に直列的に配置することにより、最大で4つの異なる位置を選択できるよう画像をシフトさせることができる。この光学シフト素子10によれば、光路上の光入射側に位置する光学シフト部10'の液晶層および光出射側に位置する光学シフト部10'の液晶層への電圧印加状態にしたがって、被投影面上における4つの異なる位置を選択することができる。

【0091】

以下、2つの光学シフト部10'の液晶層へ電圧を印加し、光学シフト素子10を駆動する方法について説明する。ここで、液晶層に所定の値以上の電圧を印加して（ON）、液晶分子が入射光の偏光方向を変化させないように配列する場合、液晶層をON状態にすると呼び、液晶層に電圧を印加しないで（OFF）、液晶分子が90度ねじれた状態にする場合、液晶層をOFF状態にするという。液晶層に印加する電圧を所定の値よりも小さくすることによって、液晶層をOFF状態にしてもよい。

【0092】

上述したように、液晶素子g1に印加する電圧の状態により、2つの光学シフト部10'はそれぞれ2つの状態をとることができる。しかし、液晶分子の電圧に対する応答速度は、電圧を印加してON状態にする場合と印加している電圧を停止してOFF状態にする場合とで一般的に大きな差があり、ON状態となるときに応答速度の方がOFF状態となるときに応答速度よりも早い。このため、2つの光学シフト部10'の液晶素子g1に対して、一方の液晶素子g1の液晶層をOFF状態からON状態にし、同時にもう一方の液晶素子g1液晶層をON状態からOFF状態にする場合、 $(OFF \cdot ON) \rightarrow (ON \cdot ON) \rightarrow (ON \cdot O$

FF) の 3 段階の状態が存在し、所望しない (ON・ON) 状態が発生する。つまり、2 つの光学シフト部 10' の液晶素子 g 1 の液晶層が同時に ON 状態となり、所望しない位置へ画像がシフトされる。その結果、解像度の低下や、被投影面の画面内に、周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質が損なわれてしまう。

【0093】

このような画質の劣化を避けるため、2 つの液晶層に対して、同時に電圧を変化させる必要がある場合には、2 つの光学シフト部 10' の液晶素子 g 1 の液晶層を同時に OFF 状態から ON 状態にするか、または、同時に ON 状態から OFF 状態にするように光学シフト素子 10 を駆動する。このうち、上述したように液晶分子が ON 状態から OFF 状態となるときの応答速度は遅いので、2 つの液晶層が同時に ON 状態から OFF 状態となる駆動はできるだけ少なくするほうが好ましい。

【0094】

一方、第 1 の光学シフト部 10' a の液晶素子 g 1 および第 2 の光学シフト部 10' b の液晶素子 g 1 のうち、一方の液晶層の状態は保ったまま、他方の液晶層の状態を変化させる場合には、上述したような遷移状態は生じない。

【0095】

したがって、光学シフト素子 10 を用いて光の光軸の位置をシフトさせる場合には、第 1 の光学シフト部 10' a の液晶素子 g 1 および第 2 の光学シフト部 10' b の液晶素子 g 1 のうち、一方の液晶層の状態は保ったまま、他方の液晶層を ON 状態から OFF 状態または OFF 状態から ON 状態に変化させる駆動および、第 1 の光学シフト部 10' a の液晶素子 g 1 および第 2 の光学シフト部 10' b の液晶素子 g 1 の両方の液晶層を同時に ON 状態から OFF 状態または OFF 状態から ON 状態に変化させる駆動を用いることが好ましい。

【0096】

図 10 は、光学シフト部 10' を 2 つ含む本実施形態の光学シフト素子 10 の一例を示している。図 10 に示す光学シフト素子 10 は、第 1 の光学シフト部 10' a を透過した光が第 2 の光学シフト部 10' b に入射して透過するよう、厚

さ $2t$ の水晶板 $g2$ を有し、入射側に配置された第1の光学シフト部 $10'a$ と、厚さ t の水晶板 $g2$ を有し、出射側に配置された第2の光学シフト部 $10'b$ とを含む。第1の光学シフト部 $10'a$ および第2の光学シフト部 $10'b$ の液晶素子 $g1$ は上述したようにいずれも TN モードの液晶セルからなり、電圧を印加すると偏光方向が切り替わらず、電圧を印加しなければ偏光方向が 90° 回転するように設計されている。

【0097】

第1の光学シフト部 $10'a$ の水晶板 $g2$ の厚さが、第2の光学シフト部 $10'b$ の水晶板 $g2$ の厚さの2倍ににっているため、第1の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量は、前記第2の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量の2倍になる。

【0098】

ここで、第1の光学シフト部 $10'a$ の水晶板 $g2$ および第2の光学シフト部 $10'b$ の第2の光学シフト部 $10'b$ の光学軸 $k2$ はいずれも紙面に水平な面内にあり、傾きも入射光に対して同じ方向になっている。つまり2つの光学軸 $k2$ の向きは一致している。このため、第1の光学シフト部 $10'a$ により異常光が屈折する方向と第2の光学シフト部 $10'b$ により異常光が屈折する方向は等しい。また、第1の光学シフト部 $10'a$ を透過した後の光は異常光と正常光とで偏光方向が 90° ずれている。このため、この異常光および正常光が第2の光学シフト部 $10'b$ を透過するとき、光がシフトする条件は、異常光と正常光とで逆になる。

【0099】

本実施形態では、各フレーム画像を3つの表示サブフレームに分割する。そして、図6に示すように、光学シフト素子 10 を用い、たとえば表示サブフレーム 1 をシフトさせず、表示サブフレーム 2 および 3 をそれぞれ1画素および2画素分シフトさせて投影する。図に示すように、シフトさせない位置、一画素分シフトした位置、および2画素分シフトした位置をそれぞれポジション A、B および C とする。

【0100】

図10に示すように、たとえば、第1の光学シフト部10' aの液晶素子g1に電圧を印加してON状態とし、第2の光学シフト部10' bの液晶素子g1に電圧を印加してON状態とした場合、光学シフト素子10に入射した光はポジションAにおいて投影される。また、第1の光学シフト部10' aの液晶素子g1に電圧を印加しないでOFF状態とし、第2の光学シフト部10' bの液晶素子g1に電圧を印加してON状態とした場合、光学シフト素子10に入射した光はポジションCにおいて投影される。本実施形態では3つの表示サブフレームを用い3つの位置に表示サブフレームを投影するため、光学シフト素子10としては4つの位置に入射光を投影することができるが、このうち、1つのシフト位置は使用されない。

【0101】

図11は、図10に示す光学シフト素子10を用いて、表示サブフレームをA→B→C→A→B→C・・・の順にポジションをシフトさせて表示する場合に、第1の光学シフト部10' aの液晶素子g1および第2の光学シフト部10' bの液晶素子g1に印加する駆動電圧を示している。

【0102】

図11に示すように、表示サブフレームをAのポジションにおいて表示する期間では、第1の光学シフト部10' aの液晶素子g1および第2の光学シフト部10' bの液晶素子g1に同時に電圧を印加し、次に、表示サブフレームをBのポジションにおいて表示する期間では、第1の光学シフト部10' aの液晶素子g1に印加している電圧はそのまま保持し、第2の光学シフト部10' bの液晶素子g1に印加していた電圧を停止する。そして、表示サブフレームをCのポジションにおいて表示する期間では、第1の光学シフト部10' aの液晶素子g1に印加していた電圧を停止し、第2の光学シフト部10' bの液晶素子g1には引き続き電圧を印加しない状態を維持する。このような駆動電圧を駆動回路15によって生成し、第1の光学シフト部10' aの液晶素子g1および第2の光学シフト部10' bの液晶素子g1に繰り返して印加する。

【0103】

図11に示すように、第1の光学シフト部10' aの液晶素子g1および第2

の光学シフト部 10' b の液晶素子 g 1 に印加する 2 つの駆動電圧は、ポジション C から A へ移るとき、同時に OFF 状態から ON 状態へ変化する。しかし、これ以外のタイミングで 2 つの駆動電圧が同時に変化することはない。このため、この駆動方法によれば、解像度の低下や、被投影面の画面内に、周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質を損うことなく、表示サブフレームをシフトさせ、高解像度で高品質の画像を表示することができる。

【0104】

図 12 は、図 10 に示す光学シフト素子 10 を用いて、表示サブフレームを A → B → C → A → C → B . . . の順にポジションをシフトさせて表示する場合に、第 1 の光学シフト部 10' a の液晶素子 g 1 および第 2 の光学シフト部 10' b の液晶素子 g 1 に印加する駆動電圧を示している。図 12 に示す駆動電圧の波形は図 11 と一致しており、図 11 において説明したように、第 1 の光学シフト部 10' a の液晶素子 g 1 および第 2 の光学シフト部 10' b の液晶素子 g 1 を駆動する。

【0105】

図 12 に示すように、第 1 の光学シフト部 10' a の液晶素子 g 1 および第 2 の光学シフト部 10' b の液晶素子 g 1 に印加する 2 つの駆動電圧は、ポジション C から A へ移るとき、同時に OFF 状態から ON 状態へ変化し、ポジション A から C へ移るとき、同時に ON 状態から OFF 状態へ変化している。しかし、これ以外のタイミングで 2 つの駆動電圧が同時に変化することはない。1 周期あたり 1 回、同時に ON 状態から OFF 状態へ変化しているが、その回数は最も少なく画質の劣化への影響は最小である。

【0106】

このため、この駆動方法によれば、解像度の低下や、被投影面の画面内に、周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質が損なわれることなく、表示サブフレームをシフトさせ、高解像度で高品質の画像を表示することができる。

【0107】

図 13 は、光学シフト部 10' を 2 つ含む本実施形態の光学シフト素子 10 の他の例を示している。図 13 に示す光学シフト素子 10 は、厚さ 2 t の水晶板 g

2を有し、入射側に配置された第1の光学シフト部10'aと、厚さtの水晶板g2を有し、出射側に配置された第2の光学シフト部10'bとを含む。第1の光学シフト部10'aの水晶板g2および第2の光学シフト部10'bの第2の光学シフト部10'bの光学軸k2はいずれも紙面に水平な面内にあるが、傾きは入射光に対して逆方向になっている。このため、第1の光学シフト部10'aにより異常光が屈折する方向と第2の光学シフト部10'bにより異常光が屈折する方向とは逆になっている。

【0108】

図14は、図13に示す光学シフト素子10を用いて、表示サブフレームをA→B→C→A→B→C・・・の順にポジションをシフトさせて表示する場合に、第1の光学シフト部10'aの液晶素子g1および第2の光学シフト部10'bの液晶素子g1に印加する駆動電圧を示している。

【0109】

図14に示すように、表示サブフレームをAのポジションにおいて表示する期間では、第1の光学シフト部10'aの液晶素子g1および第2の光学シフト部10'bの液晶素子g1に同時に電圧を印加し、次に、表示サブフレームをBのポジションにおいて表示する期間では、第1の光学シフト部10'aの液晶素子g1に印加していた電圧を停止し、第2の光学シフト部10'bの液晶素子g1に印加している電圧をそのまま保持する。そして、表示サブフレームをCのポジションにおいて表示する期間では、第1の光学シフト部10'aの液晶素子g1には引き続き電圧を印加しない状態を維持し、第2の光学シフト部10'bの液晶素子g1に印加していた電圧を停止する。このような駆動電圧を駆動回路15によって生成し、第1の光学シフト部10'aの液晶素子g1および第2の光学シフト部10'bの液晶素子g1に繰り返して印加する。

【0110】

図14に示すように、第1の光学シフト部10'aの液晶素子g1および第2の光学シフト部10'bの液晶素子g1に印加する2つの駆動電圧は、ポジションCからAへ移るとき、同時にOFF状態からON状態へ変化する。しかし、これ以外のタイミングで2つの駆動電圧が同時に変化することはない。このため、こ

の駆動方法によれば、解像度の低下や、被投影面の画面内に、周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質が損なることなく、表示サブフレームをシフトさせ、高解像度で高品質の画像を表示することができる。

【0 1 1 1】

図 1 5 は、図 1 3 に示す光学シフト素子 1 0 を用いて、表示サブフレームを A → B → C → A → C → B . . . の順にポジションをシフトさせて表示する場合に、第 1 の光学シフト部 1 0 ' a の液晶素子 g 1 および第 2 の光学シフト部 1 0 ' b の液晶素子 g 1 に印加する駆動電圧を示している。図 1 5 に示す駆動電圧の波形は図 1 4 と一致しており、図 1 4 において説明したように、第 1 の光学シフト部 1 0 ' a の液晶素子 g 1 および第 2 の光学シフト部 1 0 ' b の液晶素子 g 1 を駆動する。

【0 1 1 2】

図 1 5 に示すように、第 1 の光学シフト部 1 0 ' a の液晶素子 g 1 および第 2 の光学シフト部 1 0 ' b の液晶素子 g 1 に印加する 2 つの駆動電圧は、ポジション C から A へ移るとき、同時に OFF 状態から ON 状態へ変化し、ポジション A から C へ移るとき、同時に ON 状態から OFF 状態へ変化している。しかし、これ以外のタイミングで 2 つの駆動電圧が同時に変化することはない。1 周期あたり 1 回、同時に ON 状態から OFF 状態へ変化しているが、その回数は最も少なく画質の劣化への影響は最小である。

【0 1 1 3】

このため、この駆動方法によれば、解像度の低下や、被投影面の画面内に、周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質が損なることなく、表示サブフレームをシフトさせ、高解像度で高品質の画像を表示することができる。

【0 1 1 4】

(第 2 の実施形態)

本実施形態では、光学シフト素子 1 0 の光学シフト部 1 0 ' が、2 つの液晶層有する液晶素子を備えている。図 1 6 に示すように、本実施形態の光学シフト部 1 0 ' において、液晶素子 g 1 は、第 1 の液晶層 7 5 a および第 2 の液晶層 7 5 b を有する。第 1 の液晶層 7 5 a および第 2 の液晶層 7 5 b はそれぞれ一対の透

明電極で挟まれて液晶セルを構成しており、それによって適切な電圧を各液晶層の全体に一括的に印加することができるようになっている。

【0115】

第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bはTN液晶からなり、互いに旋光方向が異なっている。たとえば、第1の液晶層75aは右旋光性であり、第2の液晶層75bは左旋光性である。図17は、第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bに印加する電圧と液晶分子の配向状態との関係を示している。図17(a)に示すように、第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bに電圧を印加しないOFF状態にあるとき、第1の液晶層75aと第2の液晶層75bとが対向する面ではダイレクタ（配向ベクトル）が互いに直交するよう第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bが配置されている。このため、第1の液晶層75aに水平方向に偏光した入射光は、第1の液晶層75aによりその偏光方向が90度回転させられ、垂直方向に偏光した光が第1の液晶層75aから出射される。この光が、第2の液晶層75bに入射すると、第2の液晶層75bによりその偏光方向が逆向きに90度回転させられる。このため、第2の液晶層75bから出射する光は水平方向に偏光しており、第1の液晶層75aへ入射する光と同じ偏光方向を備えている。つまり、第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bがOFF状態にあるときには、入射する光と出射する光の偏光方向は同じである。この状態を「非回転」と呼ぶ。

【0116】

図17(b)に示すように、第1の液晶層75aがOFF状態にあり、第2の液晶層75bがON状態にあるときは、水平方向に偏光した入射光が第1の液晶層75aによって90度回転させられる。第2の液晶層75bでは偏光方向は変化しない。このため、第1の液晶層75aがOFF状態にあり、第2の液晶層75bがON状態にあるときは、偏光方向が90度回転する。この状態を「回転」と呼ぶ。

【0117】

図17(c)に示すように、第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bがON状態にある場合には、いずれの液晶層でも偏光方向は変化しないこのため、

第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bがON状態にあるときには、入射する光と出射する光の偏光方向は同じである。この状態を「非回転」と呼ぶ。

【0118】

図17(d)に示すように、第1の液晶層75aがON状態にあり、第2の液晶層75bがOFF状態にあるときは、水平方向に偏光した入射光は、回転せずに第2の液晶層75bに入射する。第2の液晶層75bは、この光の偏光方向を90度回転させる。このため、第1の液晶層75aがON状態にあり、第2の液晶層75bがOFF状態にあるときは、偏光方向が90度回転する。この状態を「回転」と呼ぶ。

【0119】

次に図17(a)～(d)で示す状態間の遷移について検討する。この場合、第1の実施形態において、第1の光学シフト部10'aの液晶素子g1と第2の光学シフト部10'bの液晶素子g1に印加する電圧を変化させる場合について検討した結果がそのままあてはまる。つまり、2つの液晶層において、一方をON状態からOFF状態へ変化させ、同時に、他方をOFF状態からON状態へ変化させる場合、液晶層のON状態からOFF状態への応答速度とOFF状態からON状態への応答速度とに差があるため、所望していない遷移状態が生じ、第1の実施形態で説明したような画像の劣化を引き起こす。このため、図17(b)に示す状態と図17(d)に示す状態との間の遷移は好ましくない。

【0120】

第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bを同時にON状態からOFF状態へ変化させる場合、液晶層のON状態からOFF状態への応答速度は遅い。しかし、第1の液晶層75aおよび第2の液晶層において、液晶分子の旋光方向は逆であり、同じ速度で液晶分子の配向が変化するため、遷移の途中では、常に第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75b互いの偏光方向をキャンセルしあうように液晶分子がねじれて配向される。このため、図17(c)に示す状態から図17(a)に示す状態に、第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bが遷移するとき、第1の液晶層75aに入射する光は、常に偏光方向をたもったまま第2の液晶層75bから出射する。

【0121】

ただし、液晶層がON状態から完全にOFF状態へ遷移するのに要する時間は一般的に5～10ミリ秒であり、遷移が完了する前に、再びいずれか一方の液晶層をON状態に切り換えると、所望しない遷移状態が生じる。そして、画像の劣化を引き起こす。このため、第1の液晶層75aおよびb第2の液晶層を同時にON状態からOFF状態へ変化させる場合には、印加電圧をOFFにしてから次に印加電圧をONにするまでのそれぞれの液晶層のOFF状態となる期間が1サブフレームよりも長いことが好ましく、2サブフレーム以上であることがより好ましい。

【0122】

図18は、以上の検討結果を考慮して、適切な駆動をおこなうことのできる光学シフト素子10の一例を示している。図18に示す光学シフト素子10は、厚さtの水晶板g2を有し、入射側に配置された第1の光学シフト部10'aと、厚さtの水晶板g2を有し、出射側に配置された第2の光学シフト部10'bを含む。第1の光学シフト部10'aおよび第2の光学シフト部10'bの液晶素子g1は図16に示すようにそれぞれ2つの液晶層を含んでいる。

【0123】

第1の光学シフト部10'aの水晶板g2の厚さが、第2の光学シフト部10'bの水晶板g2の厚さと等しいため、第1の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量は、前記第2の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量と等しい。

【0124】

第1の光学シフト部10'aの水晶板g2および第2の光学シフト部10'bの水晶板g2の光学軸k2はいずれも紙面に水平な面内にあり、傾きも入射光に対して同じ方向になっている。このため、第1の光学シフト部10'aにより異常光が屈折する方向と第2の光学シフト部10'bにより異常光が屈折する方向は等しい。また、第1の光学シフト部10'aを透過した後の光は異常光と正常光とで偏光方向が90°ずれている。このため、この異常光および正常光が第2の光学シフト部10'bを透過するとき、光がシフトする条件は、異常光と正常光と

で逆になる。図 18 において、(回) および (非) はそれぞれ図 17 (a) ~ (d) に示す「回転」および「非回転」に対応している。

【0125】

図 19 は、図 18 に示す光学シフト素子 10 を用いて、表示サブフレームを A → B → C → A → B → C . . . の順にポジションをシフトさせて表示する場合に、第 1 の光学シフト部 10' a の第 1 の液晶層 75 a および第 2 の液晶層 75 b ならびに第 2 の光学シフト部 10' b の第 1 の液晶層 75 a および第 2 の液晶層 75 b に印加する駆動電圧を示している。

【0126】

図 19 に示すように、表示サブフレームを A のポジションにおいて表示する期間では、第 1 の光学シフト部 10' a の第 1 の液晶層 75 a および第 2 の液晶層 75 b に同時に電圧を印加し、その後、同時に電圧の印加を停止する。第 2 の光学シフト部 10' b の第 1 の液晶層 75 a および第 2 の液晶層 75 b には電圧を印加しない。表示サブフレームを B のポジションにおいて表示する期間では、第 1 の光学シフト部 10' a の第 1 の液晶層 75 a および第 2 の液晶層 75 b には電圧を印加しない状態を維持する。また、第 2 の光学シフト部 10' b の第 1 の液晶層 75 a に電圧を印加し、第 2 の液晶層 75 b には引き続き電圧を印加しない状態を維持する。表示サブフレームを C のポジションにおいて表示する期間では、第 1 の光学シフト部 10' a の第 1 の液晶層 75 a に電圧を印加し、第 2 の液晶層 75 b には引き続き電圧を印加しない状態を維持する。第 2 の光学シフト部 10' b の第 1 の液晶層 75 a および第 2 の液晶層 75 b には、同時に電圧を印加し、その後、同時に電圧の印加を停止する。このような駆動電圧を駆動回路 15 によって生成し、第 1 の光学シフト部 10' a の液晶素子 g 1 および第 2 の光学シフト部 10' b の液晶素子 g 1 に繰り返して印加する。

【0127】

第 1 の光学シフト部 10' a および第 2 の光学シフト部 10' b のそれぞれにおいて、第 1 の液晶層 75 a および第 2 の液晶層 75 b が同時に ON 状態または OFF 状態になっている場合、入射する光の偏光方向は変化しない (非回転)。また、第 1 の液晶層 75 a および第 2 の液晶層 75 b の一方が ON 状態にあり、

他方が、OFF状態になっている場合、入射する光の偏光方向は90度回転する（回転）。したがって、たとえば、入射光をポジションBへのシフトさせるためには、第1の光学シフト部10' aの第1の液晶層75 aおよび第2の液晶層75 bを同時にOFF状態にし、入射光の偏光方向を水平方向に保つことによって、水晶板g2に対して正常光となるようにする。そして、第2の光学シフト部10' bでは、第1の液晶層75 aをON状態とし、第2の液晶層75 bをOFF状態にし、入射光の偏光方向を90度回転させて、水晶板g2に対して異常光となるようにする。

【0128】

図19に示すように、本実施形態ではポジションAに光をシフトさせる際、ポジションAを選択する期間の途中において、第1光学シフト部10' aの2つの液晶層に印加する電圧を変化させている。また、ポジションCに光をシフトさせる際においても第2光学シフト部10' bの2つの液晶層に印加する電圧を変化させている。この理由を説明する。

【0129】

図18に示すように、ポジションAを選択する場合、第1光学シフト部10' aおよび第2の光学シフト部10' bは入射光を回転させずに透過させることが必要である。このためには、図17に示すように、第1光学シフト部10' aおよび第2の光学シフト部10' bにおいて、第1の液晶層75 aおよび第2の液晶層75 bがいずれもON状態であるかOFF状態であればよい。

【0130】

図19に示すように、ポジションAを選択する期間の直前ではポジションCを選択している。このため、ポジションCの選択期間が終了した後、ポジションAを選択する期間全体において、第1光学シフト部10' aの第1の液晶層75 aおよび第2の液晶層75 cを同時にON状態にすることが考えられる。この遷移は、第1の液晶層75 aのON状態を維持し、第2の液晶層75をOFF状態からON状態へ変化させることによって達成できるので応答速度は速い。しかし、この場合、第1光学シフト部10' aの第1の液晶層75 aにおいてON状態からOFF状態へ遷移した後のOFF状態の期間が1サブフレームとなり、上述し

た問題を生じる可能性がある。

【0 1 3 1】

一方、ポジション C の選択期間が終了した後、ポジション A を選択する期間全体において、第 1 光学シフト部 1 0' a の第 1 の液晶層 7 5 a および第 2 の液晶層 7 5 c を同時に O F F 状態にすることによってもポジション A を選択することができる。しかし、この遷移は、第 1 の液晶層 7 5 a を O N 状態から O F F 状態へ変化させ、第 2 の液晶層 7 5 を O F F 状態に維持することによって達成されるため応答速度が遅いという問題が生じる。

【0 1 3 2】

このため、本実施形態では、図 1 9 に示すように、ポジション C の選択期間が終了した後、ポジション A を選択する期間の最初の期間 a 1 において、第 1 光学シフト部 1 0' a の第 1 の液晶層 7 5 a および第 2 の液晶層 7 5 c を同時に O N 状態にする。このときの遷移は、第 1 の液晶層 7 5 a の O N 状態を維持し、第 2 の液晶層 7 5 を O F F 状態から O N 状態へ変化させることによって達成できるので応答速度は速い。期間 a 1 は、第 2 の液晶層 7 5 が O F F 状態から O N 状態へ完全に变化するのに十分の長さであればよい。たとえば、期間 a 1 を 0. 8 ～ 3. 0 ミリ秒の範囲の値に設定することが好ましい。

【0 1 3 3】

その後、残りの期間 a 2 において、第 1 の液晶層 7 5 a および第 2 の液晶層 7 5 c を同時に O F F 状態にする。このときの遷移は、第 1 の液晶層 7 5 a および第 2 の液晶層 7 5 を同時に O N 状態から O F F 状態へ変化させることによって達成できる。上述したように、この遷移は、O N 状態から O F F 状態への遷移であるが、遷移前と遷移後の偏光状態が変化しないので、応答速度は問題とならない。また、2 つの液晶層の旋光性が逆であるため、遷移中に画像が劣化することもない。さらに、図 1 9 に示すように、このような駆動により、いずれの液晶層においても O N 状態から O F F 状態へ変化した後、次に O N 状態に変化するまでの、O F F 状態の期間を 1 サブフレームより長くすることができる。

【0 1 3 4】

図 1 9 から明らかなように、この駆動方法では、第 1 の液晶層 7 5 a および第

2の液晶層75のいずれか一方だけがON状態からOFF状態へ変化することもない。このため、異なるポジションへのシフトは短い応答時間で行うことができる。

【0135】

このように本実施形態によれば、解像度の低下や、被投影面の画面内に、周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質が損なることなく、表示サブフレームをシフトさせ、高解像度で高品質の画像を表示することができる。

【0136】

(第3の実施形態)

本実施形態による光学シフト素子10は、第2の実施形態と同様、2つの光学シフト部10'が、2つの液晶層を有する液晶素子を備えている。図20に示すように、本実施形態の光学シフト素子10は、第1の光学シフト部10' aの水晶板g2が厚さ2tを備えている点で第2の実施形態を異なっている。また、第1の光学シフト部10' aの水晶板g2および第2の光学シフト部10' bの第2の光学シフト部10' bの光学軸k2はいずれも紙面に水平な面内にあるが、傾きは入射光に対して逆方向になっている。このため、第1の光学シフト部10' aにより異常光が屈折する方向と第2の光学シフト部10'により異常光が屈折する方向は逆になっている。

【0137】

図21は、図20に示す光学シフト素子10を用いて、表示サブフレームをA→B→C→A→B→C・・・の順にポジションをシフトさせて表示する場合に、第1の光学シフト部10' aの第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bならびに第2の光学シフト部10' bの第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bに印加する駆動電圧を示している。

【0138】

図21に示すように、本実施形態で用いる駆動電圧のAの期間およびBの期間およびCの期間は、図19に示すCの期間、Aの期間およびBの期間に用いられる駆動電圧と同じである。図21から明らかなように、いずれの液晶層においてもON状態からOFF状態へ変化した後、次にON状態に変化するまでの、OF

F状態の期間を1サブフレームより長くすることができる。また、第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75のいずれか一方だけがON状態からOFF状態へ変化することもない。このため、異なるポジションへのシフトは短い応答時間で行うことができる。

【0139】

したがって、本実施形態によれば、解像度の低下や、被投影面の画面内に、周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質が損なわれることなく、表示サブフレームをシフトさせ、高解像度で高品質の画像を表示することができる。

【0140】

図22は、本実施形態による他の光学シフト素子10を示している。図20に示す光学シフト素子10は、第2の光学シフト部10' bの水晶板g2が厚さ2tを備えている。また、第1の光学シフト部10' aの水晶板g2および第2の光学シフト部10' bの第2の光学シフト部10' bの光学軸k2はいずれも紙面に水平な面内にあるが、傾きは入射光に対して逆方向になっている。

【0141】

図23は、図22に示す光学シフト素子10を用いて、表示サブフレームをA→B→C→A→B→C・・・の順にポジションをシフトさせて表示する場合に、第1の光学シフト部10' aの第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bならびに第2の光学シフト部10' bの第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bに印加する駆動電圧を示している。

【0142】

図23に示す駆動電圧は、図19に示す第1の光学シフト部10' aおよび第2の光学シフト部10' bに印加される電圧を入れ替えたものになっている。図23から明らかなように、いずれの液晶層においてもON状態からOFF状態へ変化した後、次にON状態に変化するまでの、OFF状態の期間を1サブフレームより長くすることができる。また、第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75のいずれか一方だけがON状態からOFF状態へ変化することもない。このため、異なるポジションへのシフトは短い応答時間で行うことができる。

【0143】

したがって、本実施形態によれば、解像度の低下や、被投影面の画面内に、周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質が損なわれることなく、表示サブフレームをシフトさせ、高解像度で高品質の画像を表示することができる。

【0144】

(第4の実施形態)

図24に示すように、本実施形態による光学シフト素子10は、第1の実施形態の光学シフト素子と同じ構造を備えている。本実施形態では、図24の光学シフト素子10を用いて、入射する光を4つのポジションにシフトさせる場合の駆動方法を説明する。

【0145】

これまでの実施形態ではフレーム画像から3つの表示サブフレームを生成し、生成した3つのサブフレームをポジションA、B、およびCにシフトさせて画像を表示していた。本実施形態では、フレーム画像から4つの表示サブフレームを生成し、生成した4つの表示サブフレームをポジションA、B、CおよびDにシフトさせて画像を表示する。4つの表示サブフレームとして、たとえば、図5に示す表示サブフレーム1～3、および、表示サブフレーム1を3画素分下方向へシフトさせた表示サブフレーム4（不図示）を用いる。具体的には、表示サブフレーム4の1行目、2行目、3行目・・・には、R4、G5、B6・・・のデータが格納される。

【0146】

図25は、図24に示す光学シフト素子10を用いて、表示サブフレームをA→B→C→D→C→B→・・・の順にポジションをシフトさせて表示する場合に、第1の光学シフト部10'aの液晶素子g1および第2の光学シフト部10'bの液晶素子g1に印加する駆動電圧を示している。図25に示す駆動電圧は、図11に示す駆動電圧に、表示サブフレームをD、CおよびBのポジションにおいて表示する期間における駆動電圧が付加されている。表示サブフレームをDのポジションで表示する期間では、第1の光学シフト部10'aには引き続き電圧を印加しない状態を維持し、第2の光学シフト部10'bには電圧を印加する。その後、ポジションCおよびBにおいて表示する期間に印加する電圧を繰り返す。

【0147】

図25に示すように、第1の光学シフト部10' aの液晶素子g1および第2の光学シフト部10' bの液晶素子g1の印加する2つの駆動電圧が同時に変化することはない。このため、この駆動方法によれば、解像度の低下や、被投影面の画面内に、周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質が損なわれることなく、表示サブフレームをシフトさせ、高解像度で高品質の画像を表示することができる。

【0148】

(第5の実施形態)

図26に示すように、本実施形態による光学シフト素子10は、第3の実施形態の光学シフト素子と同じ構造を備えている。本実施形態では、第4の実施形態と同様、表示サブフレームを4つの位置にシフトさせて画像を表示する。

【0149】

図27は、図26に示す光学シフト素子10を用いて、表示サブフレームをA→B→C→D→C→B・・・の順にポジションをシフトさせて表示する場合に、第1の光学シフト部10' aの第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bならびに第2の光学シフト部10' bの第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bに印加する駆動電圧を示している。

【0150】

図27に示すように、表示サブフレームをA、BおよびCのポジションに表示する期間ならびに、表示サブフレームをD、CおよびDのポジションに表示する期間において第2の光学シフト部10' aの第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bに印加する駆動電圧は、図23に示す表示サブフレームをC、AおよびBのポジションに表示する期間に印加される駆動電圧と同じである。

【0151】

一方、第1の光学シフト部10' aでは、表示サブフレームをAおよびBのポジションに表示する期間において第1の液晶層75aには電圧を印加し、第2の液晶層75bには電圧を印加しない。表示サブフレームをCのポジションにおいて表示する期間では、第1の光学シフト部10' aの第1の液晶層75aおよび



第2の液晶層75bに同時に電圧を印加し、その後、同時に電圧の印加を停止する。その後、表示サブフレームをDおよびCのポジションにおいて表示する期間中第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75bには電圧を印加しない。表示サブフレームをBのポジションにおいて表示する期間において、第1の液晶層75aには電圧を印加し、第2の液晶層75bには電圧を印加しない。このように、本実施形態では表示サブフレームをBおよびCのポジションにおいて表示する期間が1サイクルあたり2回ずつ存在するが、これらの期間の1回目と2回目とは、第1の光学シフト部10'aおよび第2の画像シフト部10'bに印加される駆動電圧は異なる。

【0152】

しかし、図27から明らかなように、いずれの液晶層においてもON状態からOFF状態へ変化した後、次にON状態に変化するまでの、OFF状態の期間を1サブフレームより長くすることができる。また、第1の液晶層75aおよび第2の液晶層75のいずれか一方だけがON状態からOFF状態へ変化することもない。このため、異なるポジションへのシフトは短い応答時間で行うことができる。

【0153】


したがって、本実施形態によれば、解像度の低下や、被投影面の画面内に、周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質が損なうことなく、表示サブフレームをシフトさせ、高解像度で高品質の画像を表示することができる。

【0154】

以上、液晶表示素子を画像表示パネルとして用いる投影型画像表示装置について本発明を説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。本発明は液晶表示素子以外の表示素子、たとえば、デジタルミラーデバイス（DMD）などを画像表示パネルに用いる投影型画像表示装置にも適用することができる。また、ヘッド・マウント・ディスプレイなどの直視型画像表示装置に本発明を適用する場合には、目の網膜が画像の被投影面として機能する。

【0155】

また、本発明の光学シフト素子は、投影型画像表示装置以外の他の画像表示装



置などの用いることができる。

【 0 1 5 6 】**【発明の効果】**

本発明によれば、解像度が低下したり、被投影面の画面内に周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質が損なわれたりすることなく、表示サブフレームをシフトさせることが可能な光学シフト素子が得られる。また、そのような光学シフト素子を用いて、高解像度で高品質の画像を投影することのできる投影型画像表示装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

本発明の投影型画像表示装置を示す模式図である。

【図 2】

図 1 に示す投影型画像表示装置の液晶表示パネル付近を拡大して示す断面図である。

【図 3】

図 1 に示す投影型画像表示装置のダイクロイックミラーの分光特性を示すグラフである。

【図 4】

現画像フレームから色別画像フレームを生成する方法を説明する図である。

【図 5】

色別画像フレームから 3 つの表示サブフレームを生成する方法を説明する図である。

【図 6】

表示サブフレームのシフトの態様を示す図である。

【図 7】

画像シフト素子の画像シフト部の構成および動作を説明する模式図である。

【図 8】

画像シフト素子の画像シフト部の構成および動作を説明する他の模式図である。

【図 9】

画像シフト部に用いられる水晶板の光学軸と透過する光の光軸のシフト方向との関係を示す図である。

【図 1 0】

第 1 の実施形態による画像シフト素子を示す模式図である。

【図 1 1】

図 1 0 の画像シフト素子を駆動するための駆動電圧を示す波形図である。

【図 1 2】

図 1 0 の画像シフト素子を他の駆動方法で駆動するための駆動電圧を示す波形図である。

【図 1 3】

第 1 の実施形態による他の画像シフト素子を示す模式図である。

【図 1 4】

図 1 3 の画像シフト素子を駆動するための駆動電圧を示す波形図である。

【図 1 5】

図 1 3 の画像シフト素子を他の駆動方法で駆動するための駆動電圧を示す波形図である。

【図 1 6】

第 2 の実施形態による画像シフト素子の画像シフト部を示す模式図である。

【図 1 7】

(a) から (d) は 2 つの液晶セルに印加する電圧と液晶の状態との関係を示す図である。

【図 1 8】

第 2 の実施形態による画像シフト素子を示す模式図である。

【図 1 9】

図 1 8 の画像シフト素子を駆動するための駆動電圧を示す波形図である。

【図 2 0】

第 3 の実施形態による画像シフト素子を示す模式図である。

【図 2 1】

図 2 0 の画像シフト素子を駆動するための駆動電圧を示す波形図である。

【図 2 2】

第 3 の実施形態による他の画像シフト素子を示す模式図である。

【図 2 3】

図 2 2 の画像シフト素子を駆動するための駆動電圧を示す波形図である。

【図 2 4】

第 4 の実施形態による画像シフト素子を示す模式図である。

【図 2 5】

図 2 4 の画像シフト素子を駆動するための駆動電圧を示す波形図である。

【図 2 6】

第 5 の実施形態による画像シフト素子を示す模式図である。

【図 2 7】

図 2 6 の画像シフト素子を駆動するための駆動電圧を示す波形図である。

【図 2 8】

従来のフィールド順次投影型画像表示装置を示す図である。

【符号の説明】

- 1 光源
- 2 球面鏡
- 3 コンデンサーレンズ
- 4 、 5、 6 ダイクロイックミラー
- 7 マイクロレンズアレイ
- 8 液晶表示パネル
- 9 フィールドレンズ
- 1 0 画像シフト素子
- 1 0' 画像シフト部
- 1 0' a 第 1 の画像シフト部
- 1 0' b 第 2 の画像シフト部
- g 1 液晶素子
- g 2 水晶板

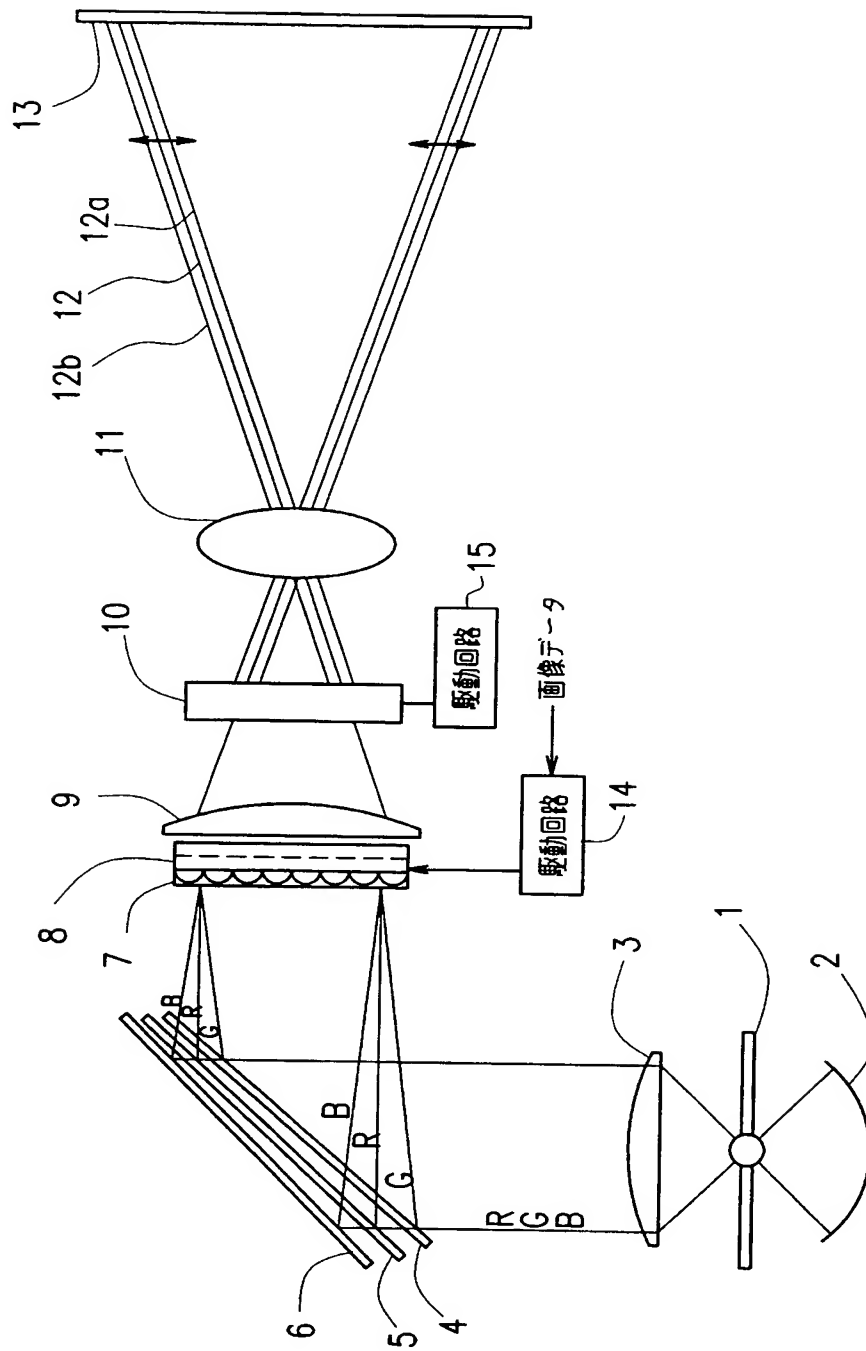
k 2 光学軸

7 5 a 第 1 の液晶層

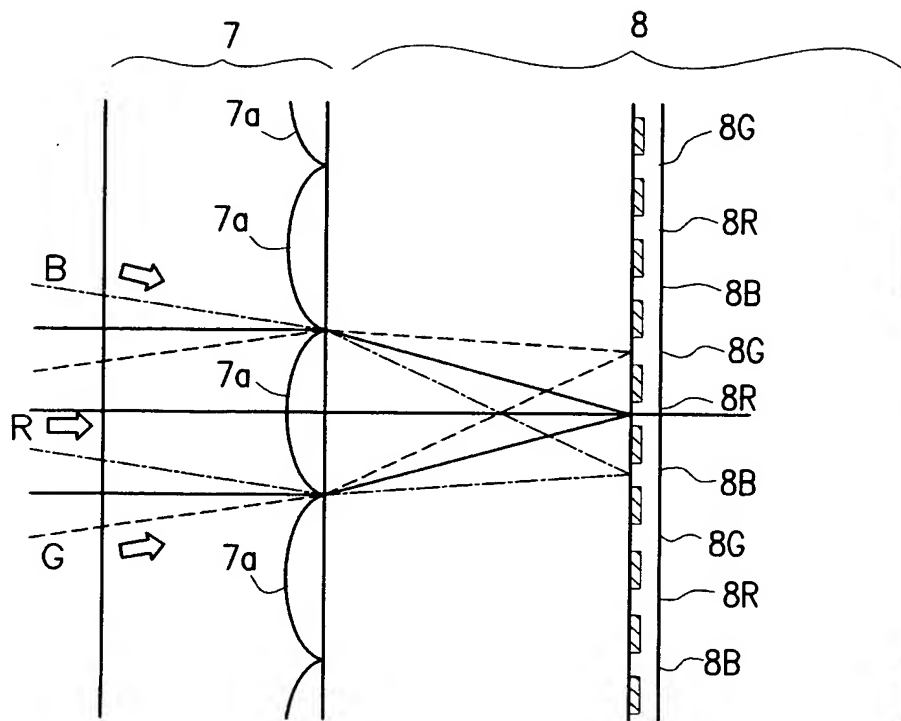
7 6 a 第 2 の液晶層

【書類名】 図面

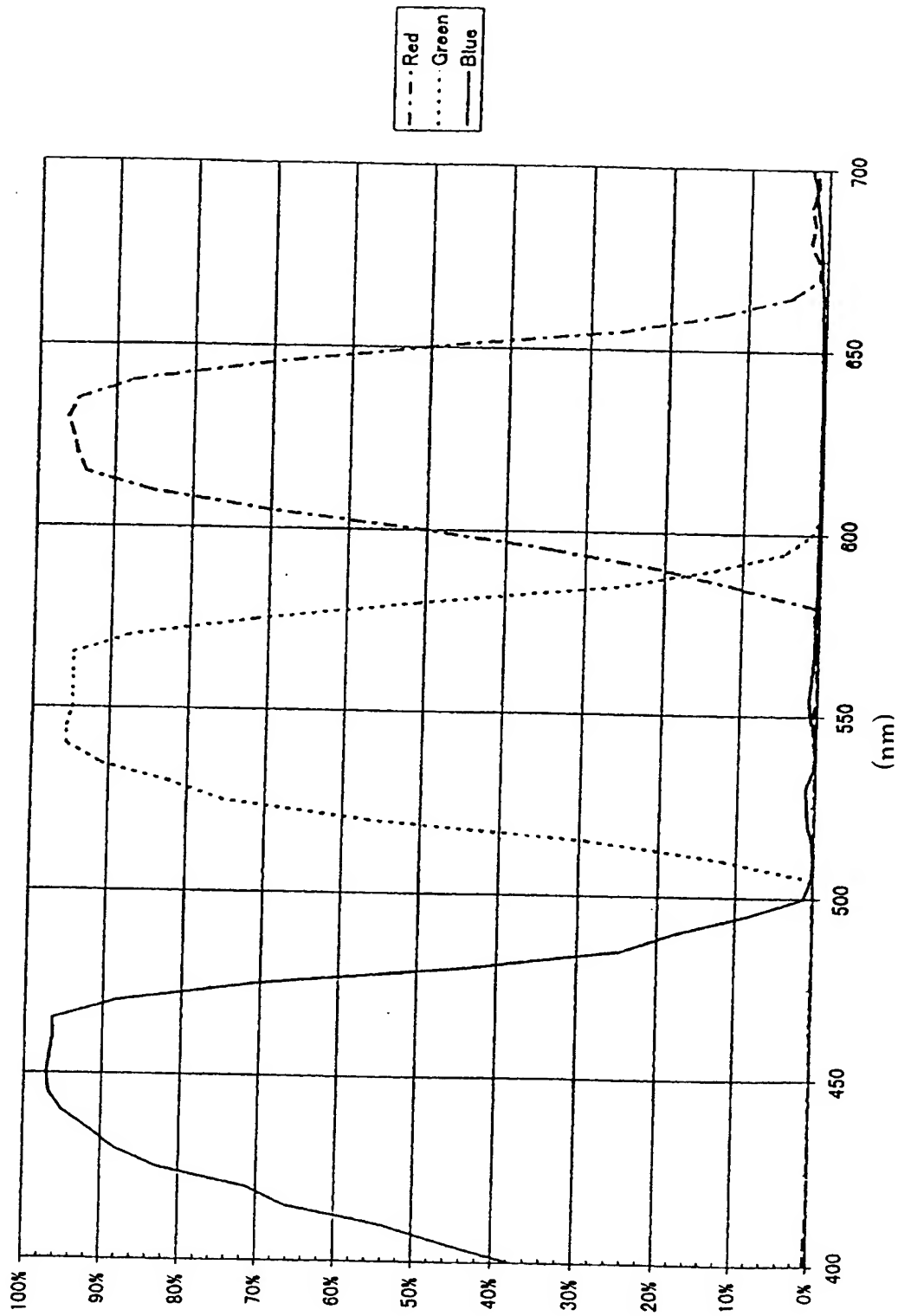
【図 1】



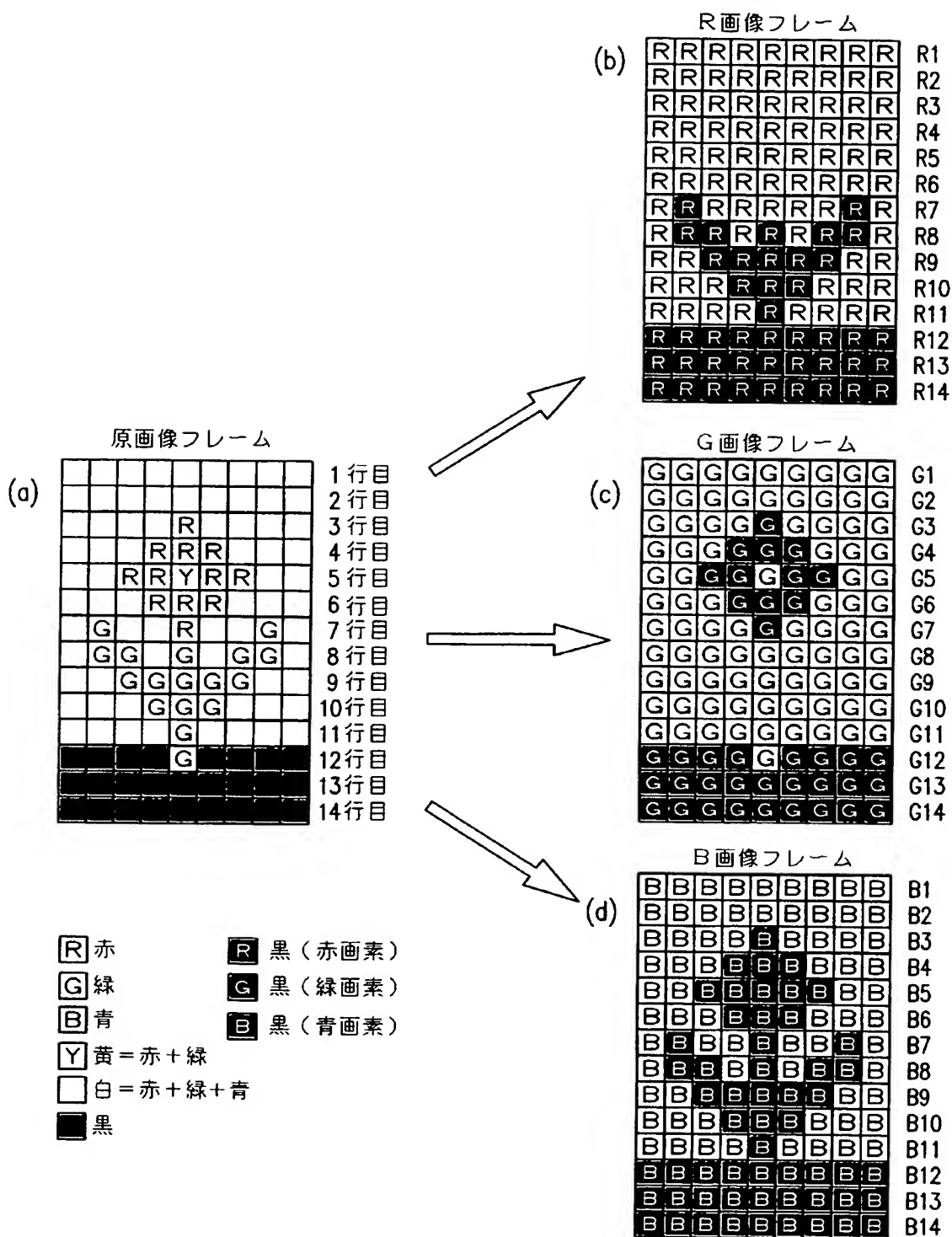
【図 2】



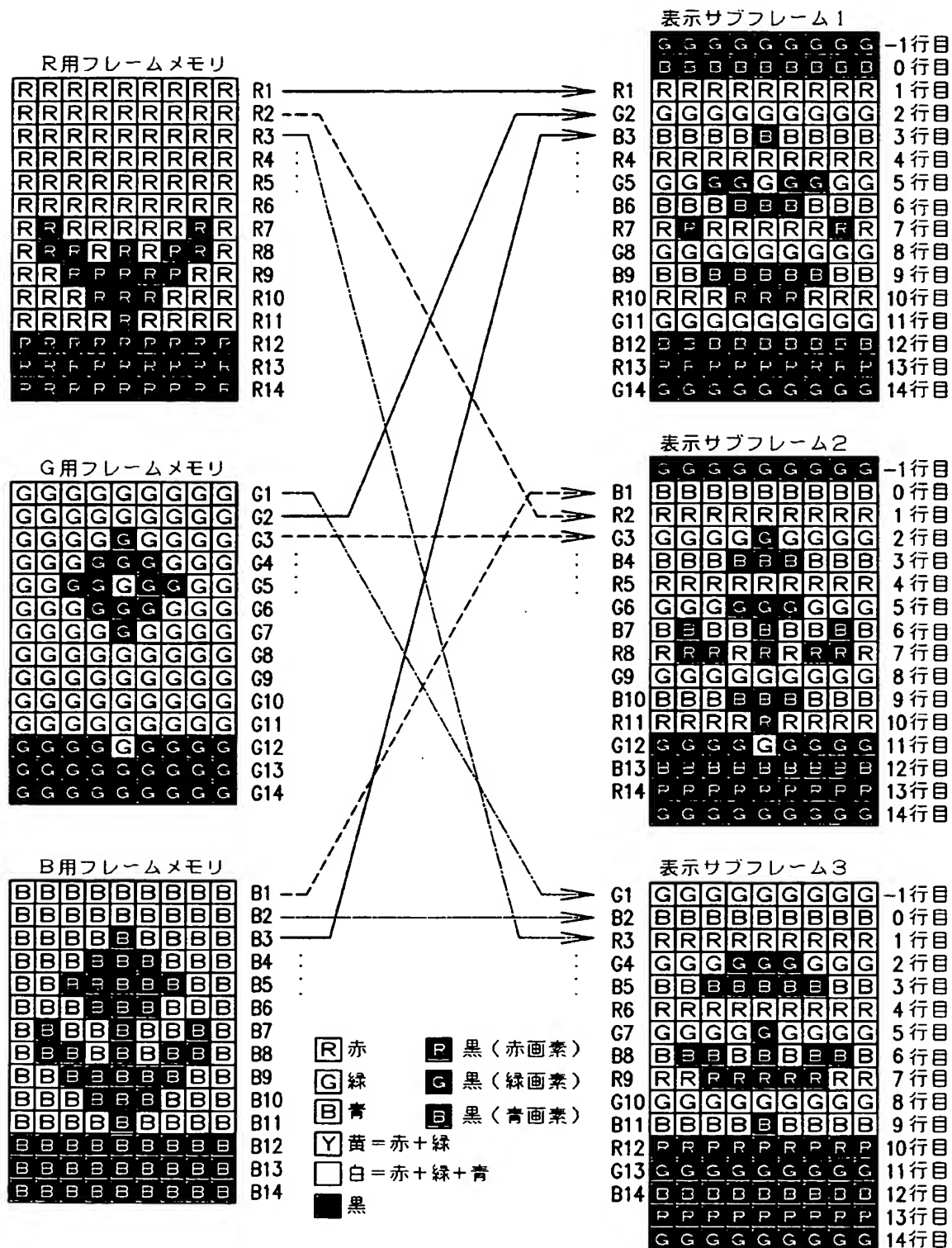
【図 3】



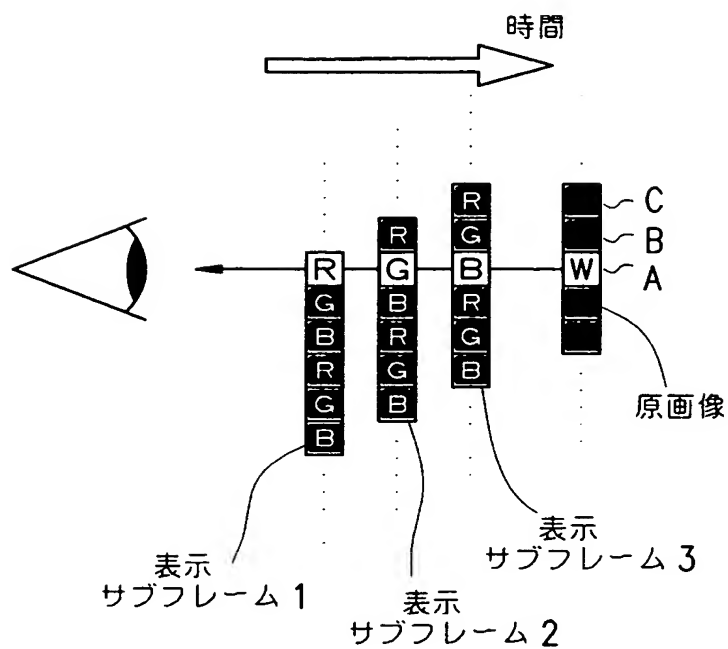
【図 4】



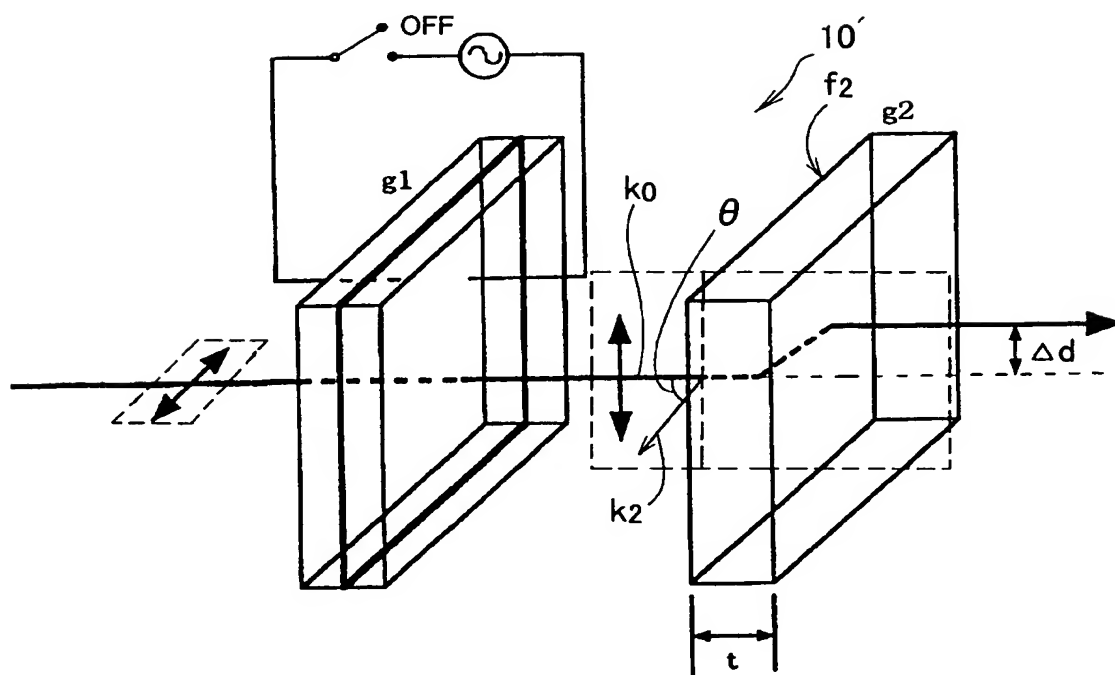
【図 5】



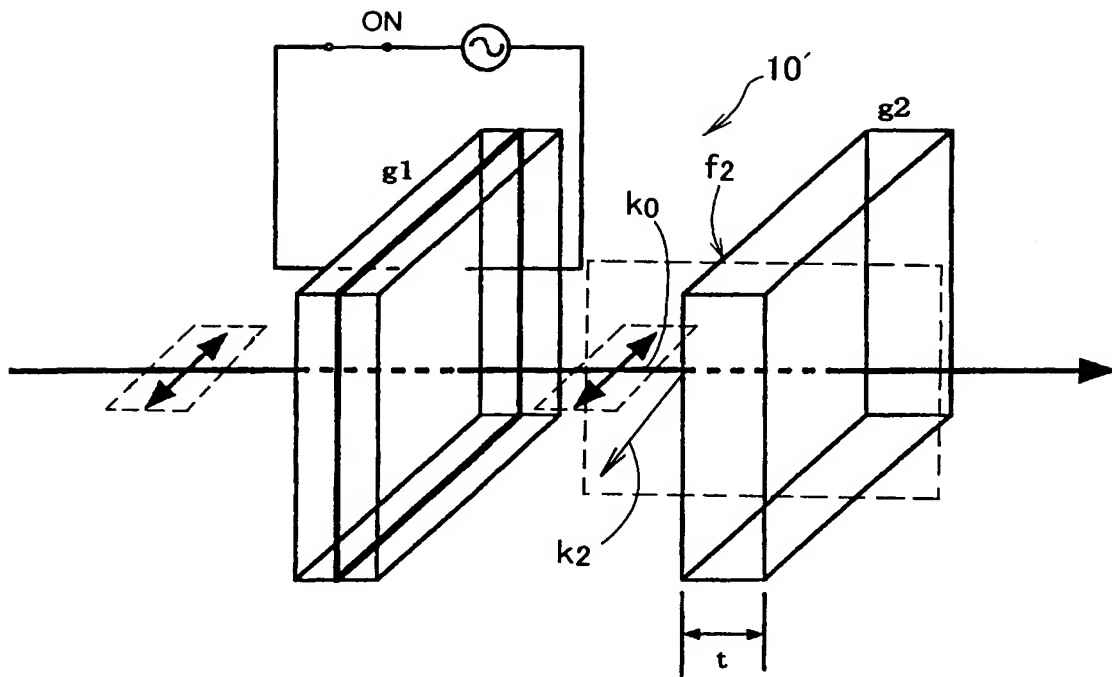
【図 6】



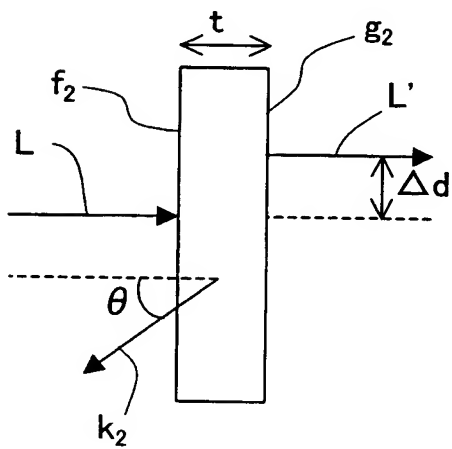
【図 7】



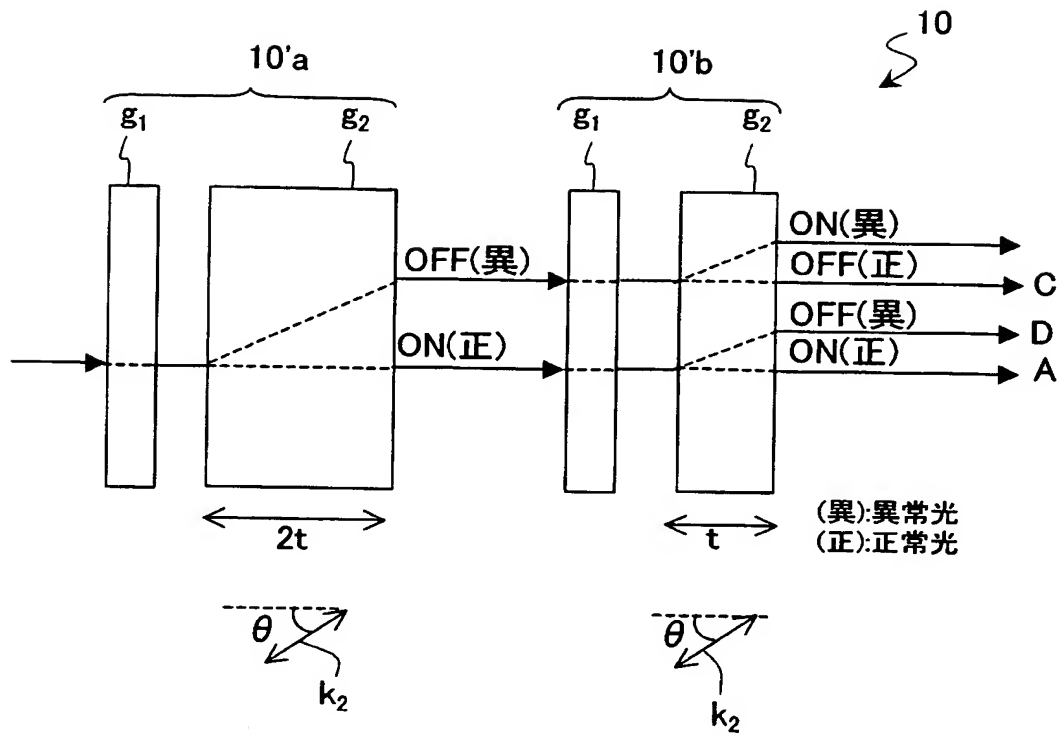
【図 8】



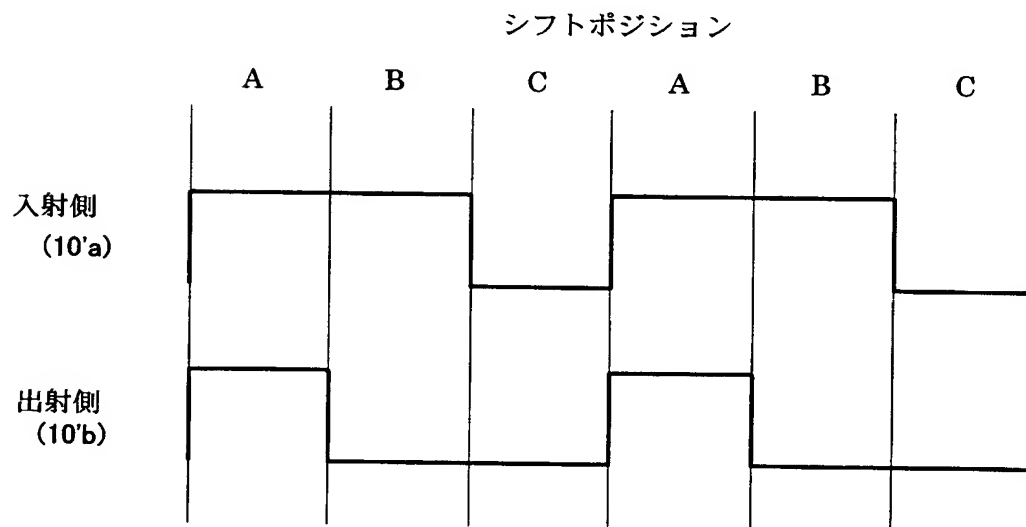
【図 9】



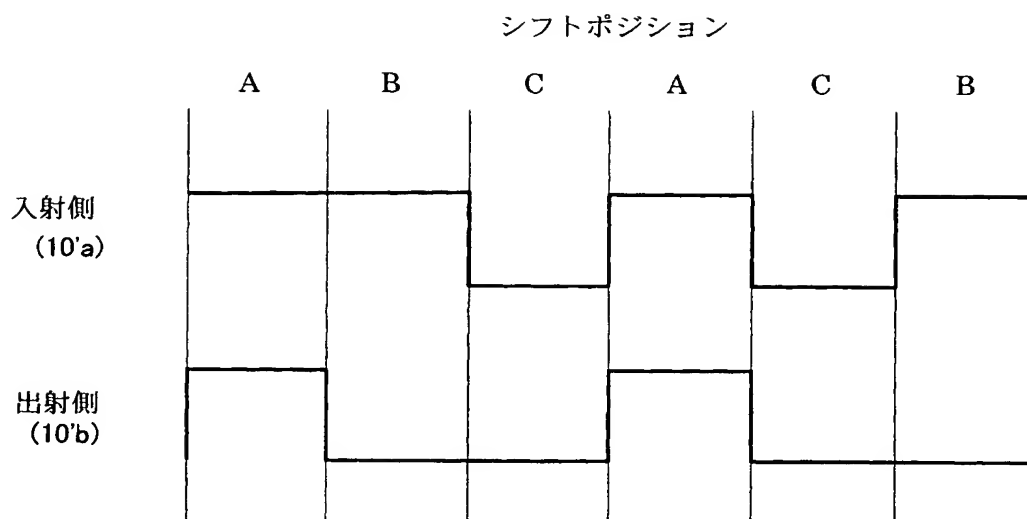
【図 10】



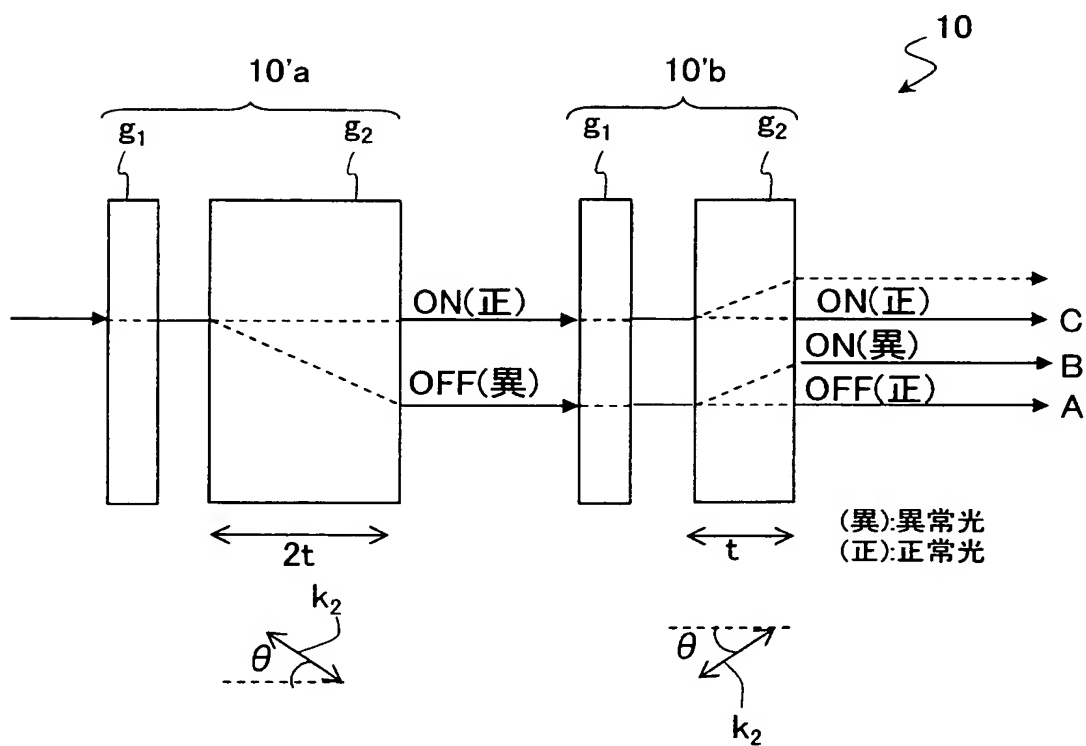
【図 11】



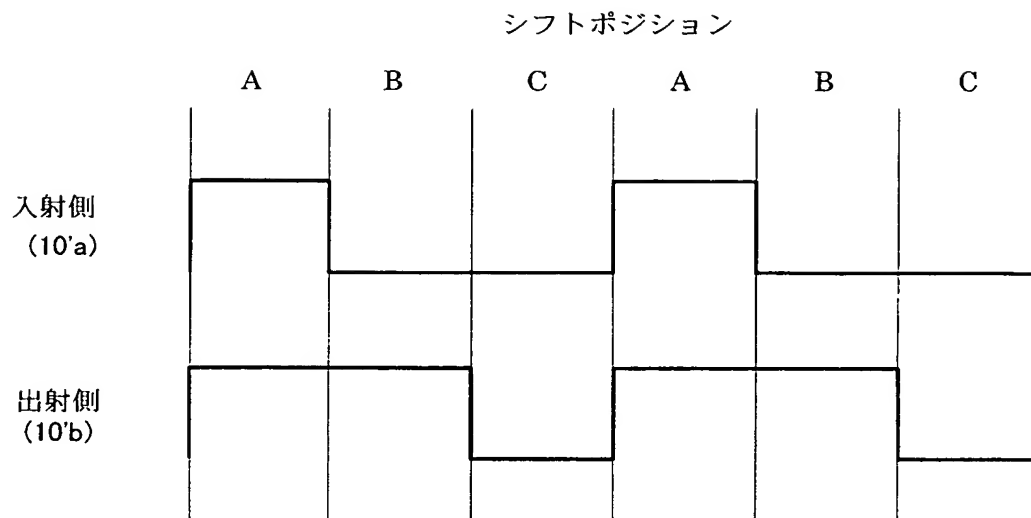
【図 12】



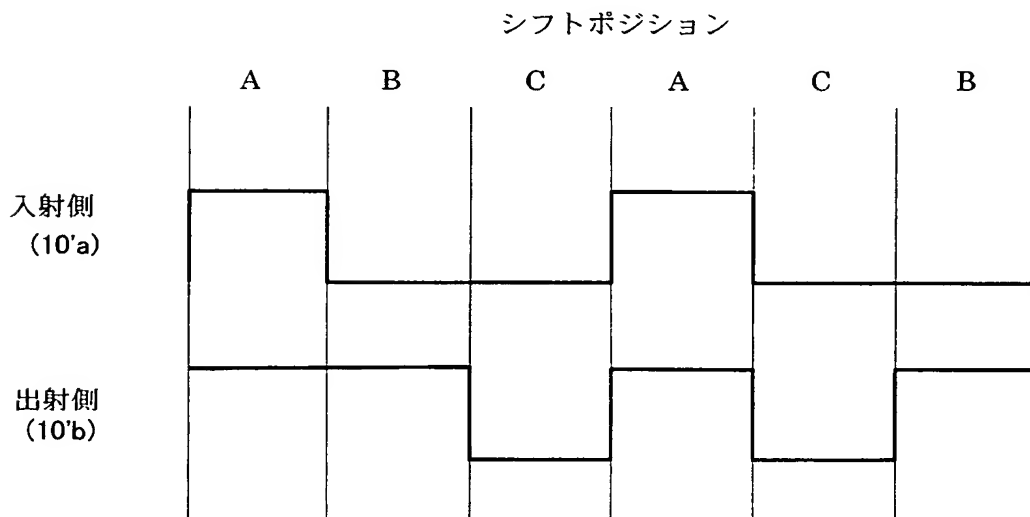
【図 13】



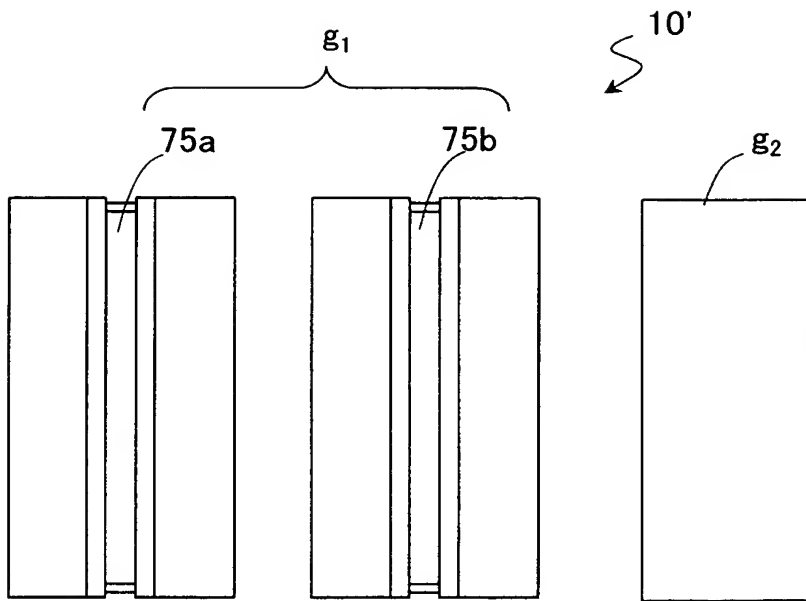
【図 1 4】



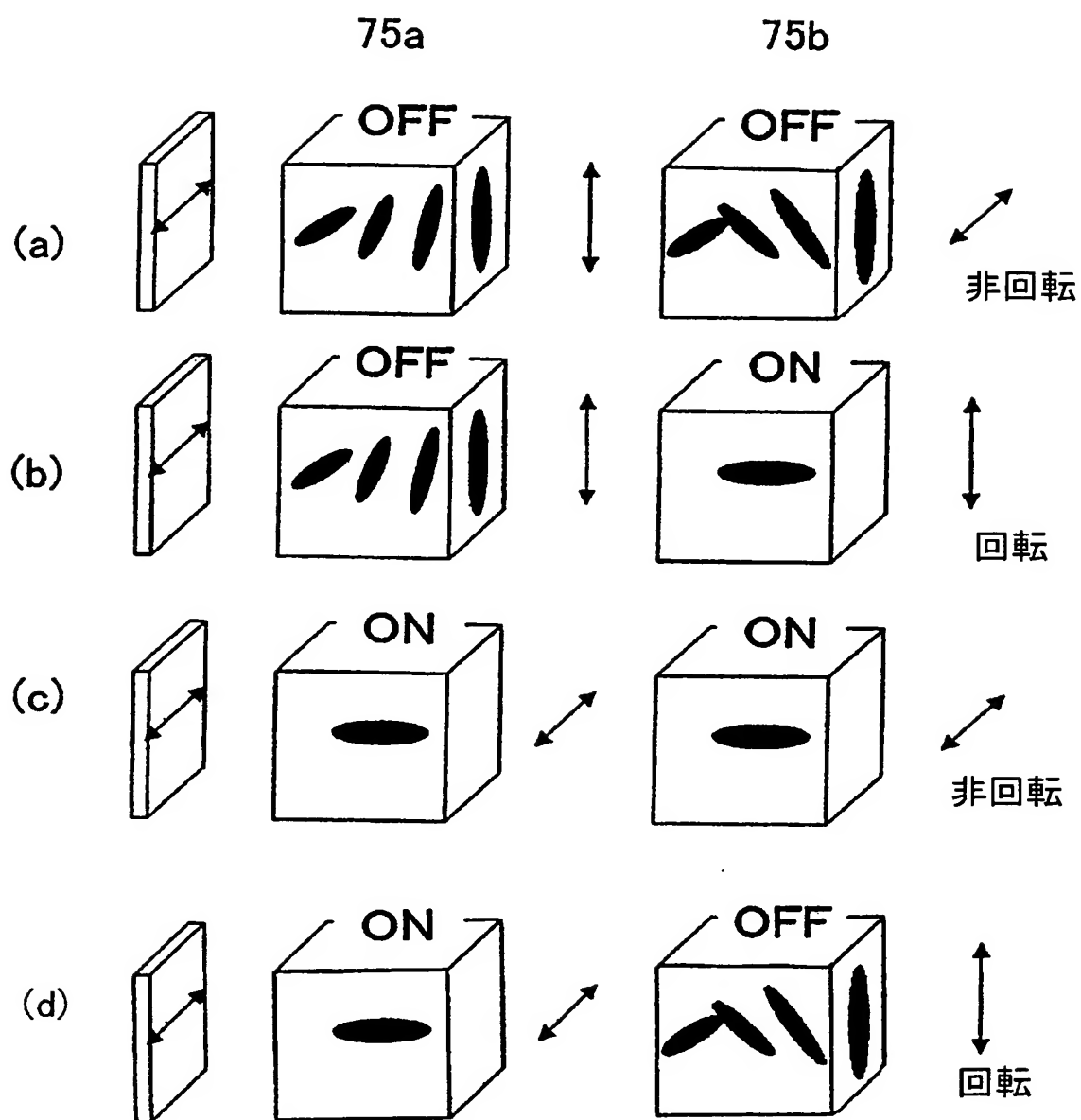
【図 1 5】



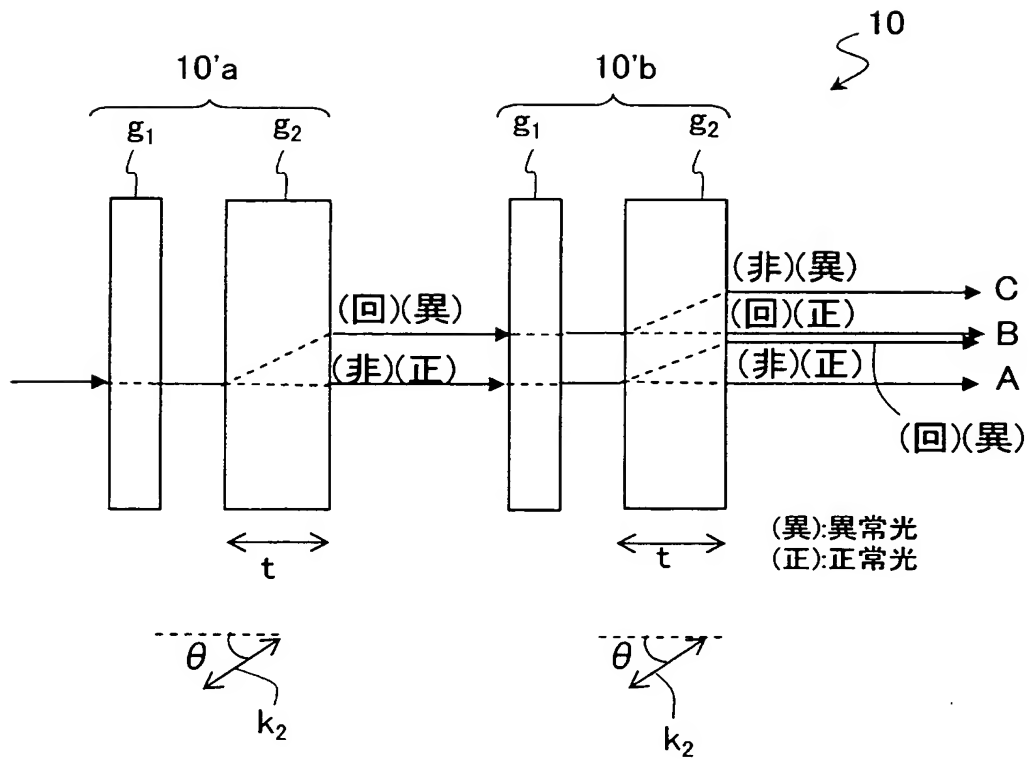
【図 1 6】



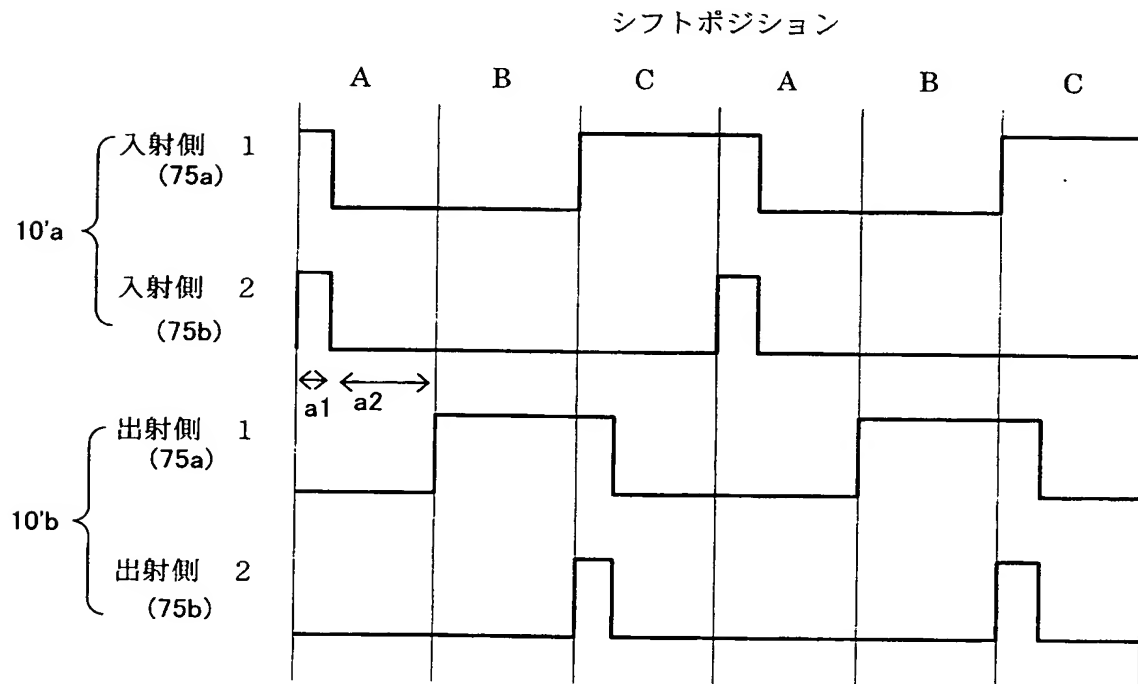
【図 17】



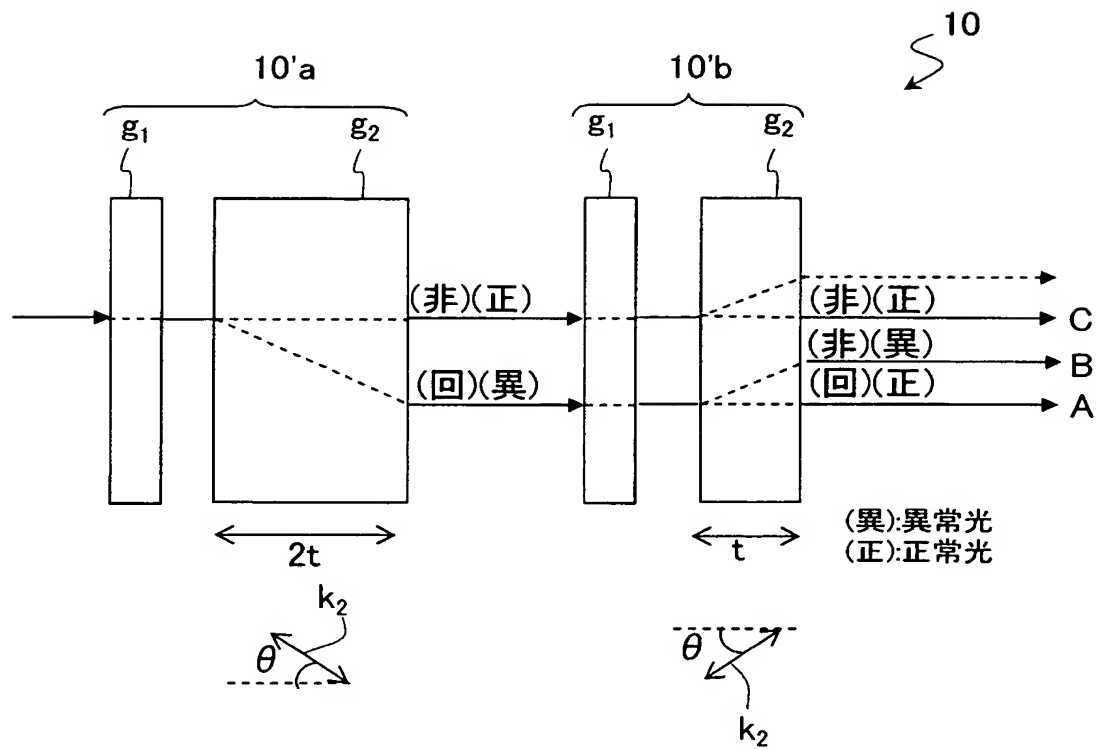
【図 18】



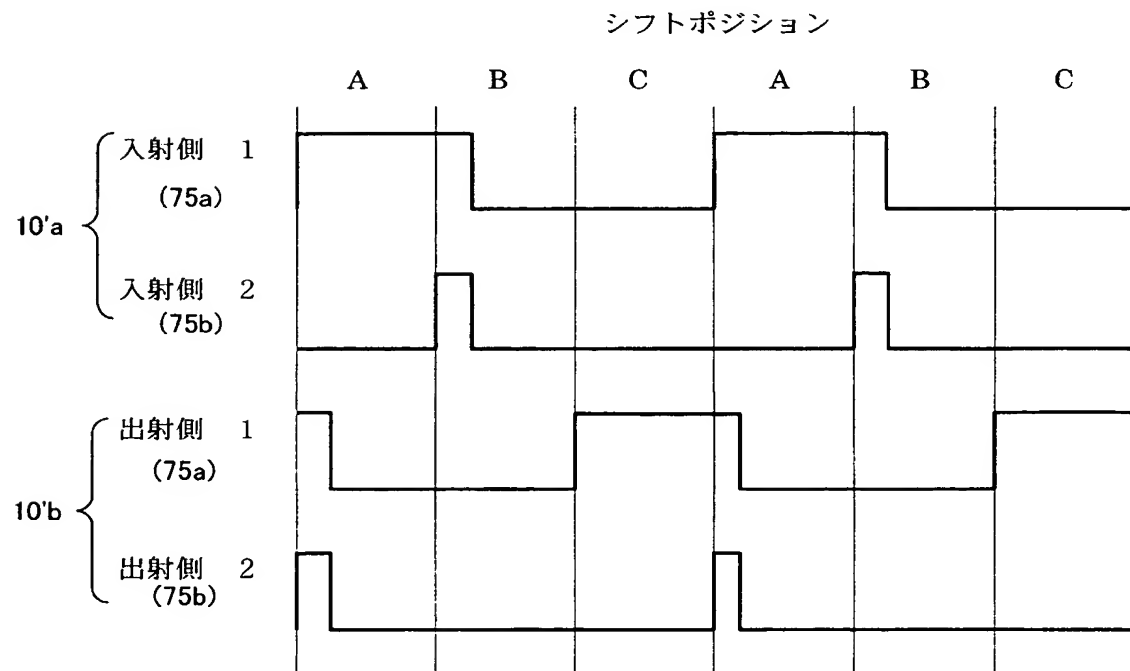
【図 19】



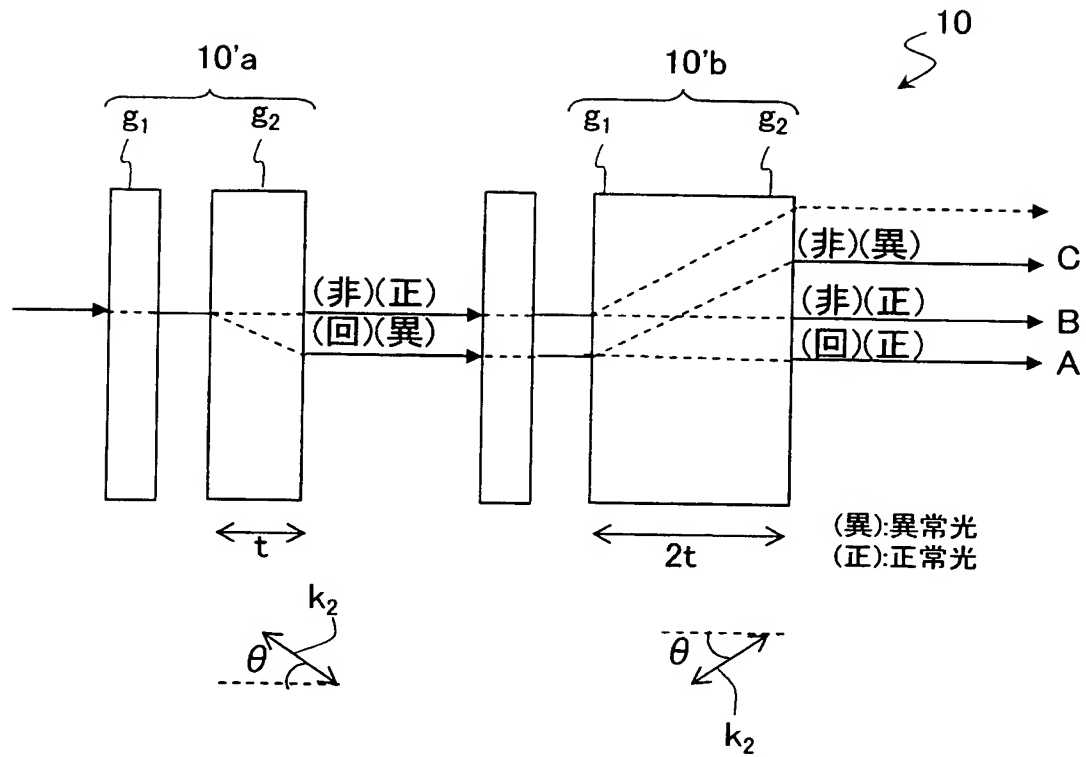
【図 20】



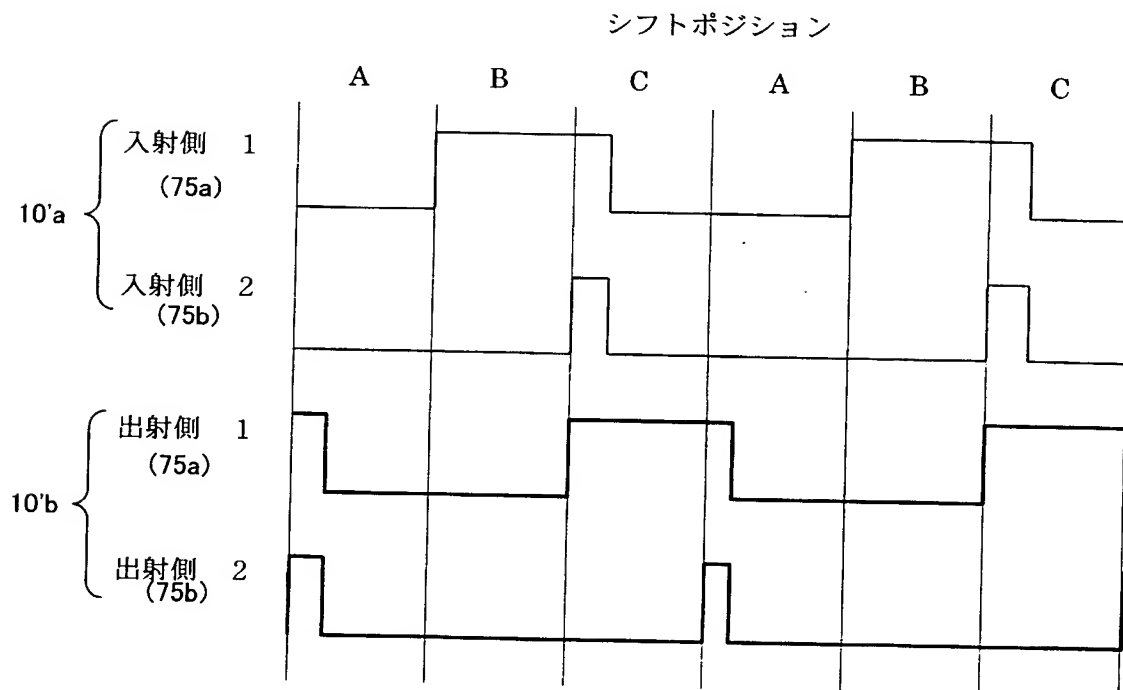
【図 21】



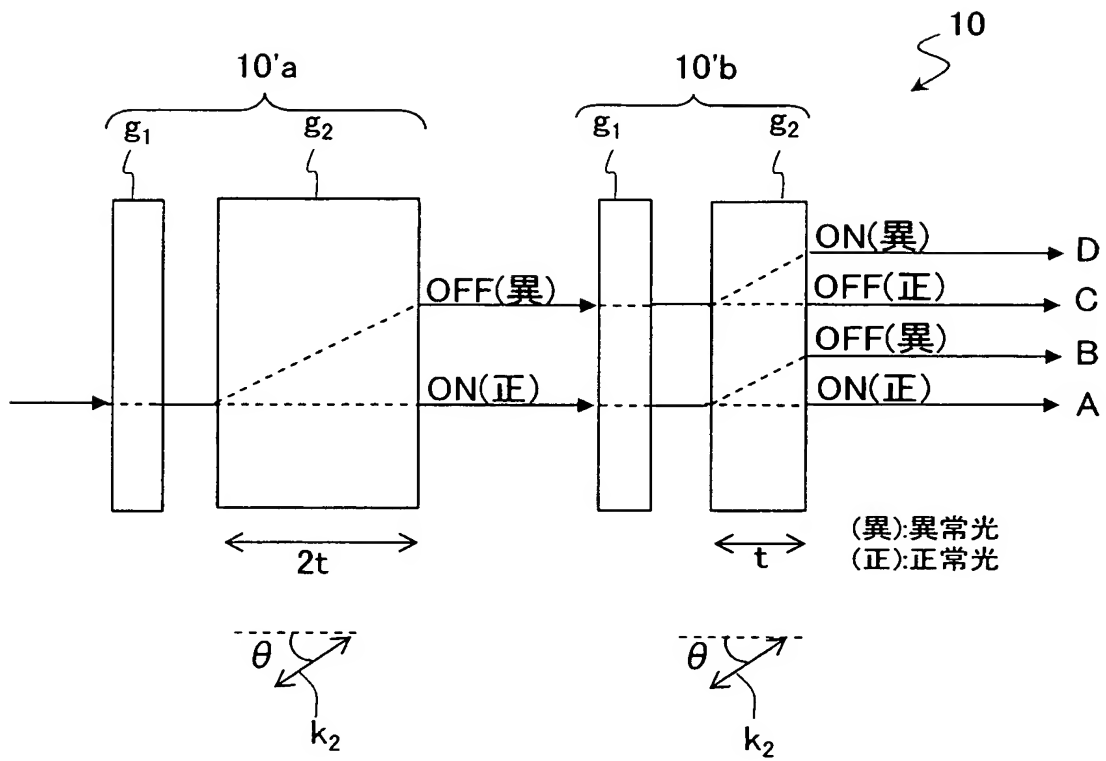
【図 2 2】



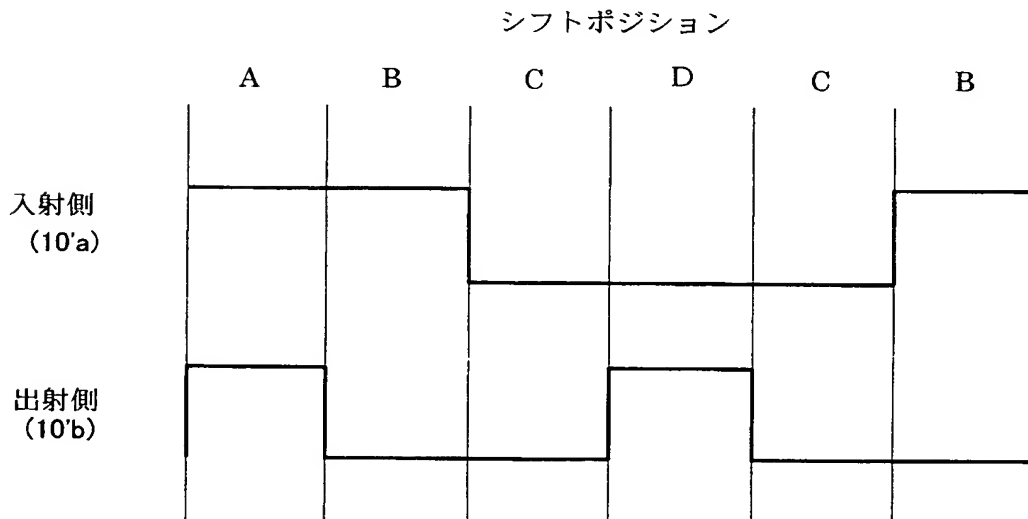
【図 2 3】



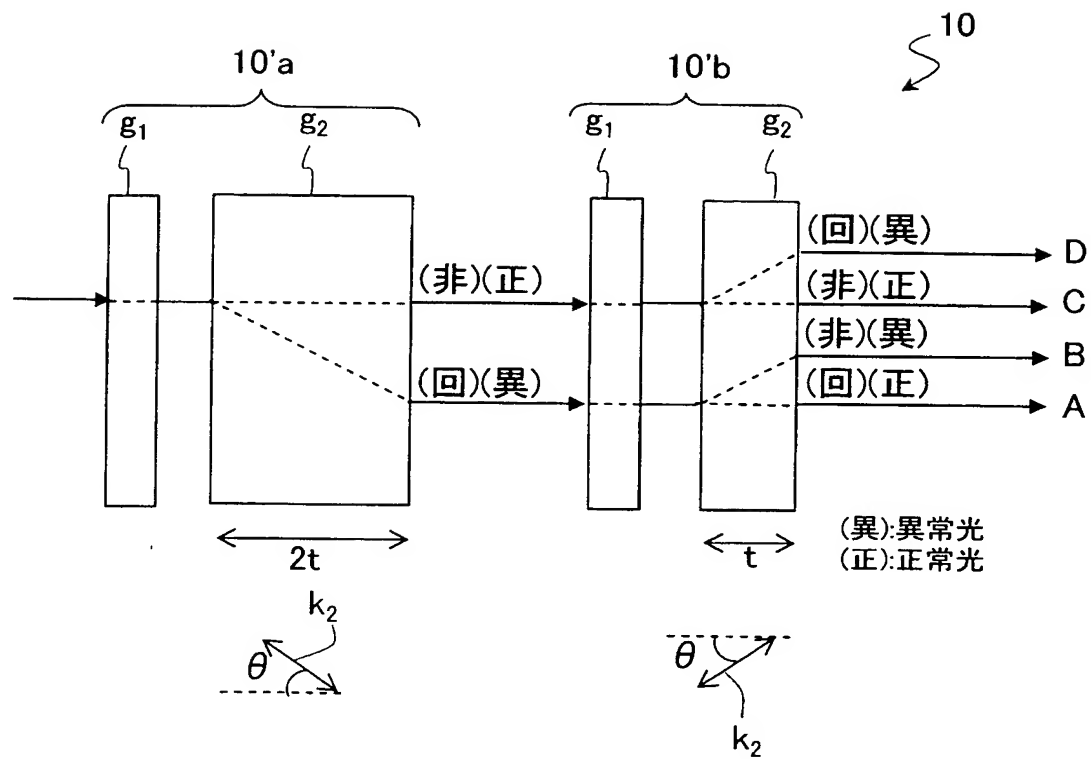
【図 2 4】



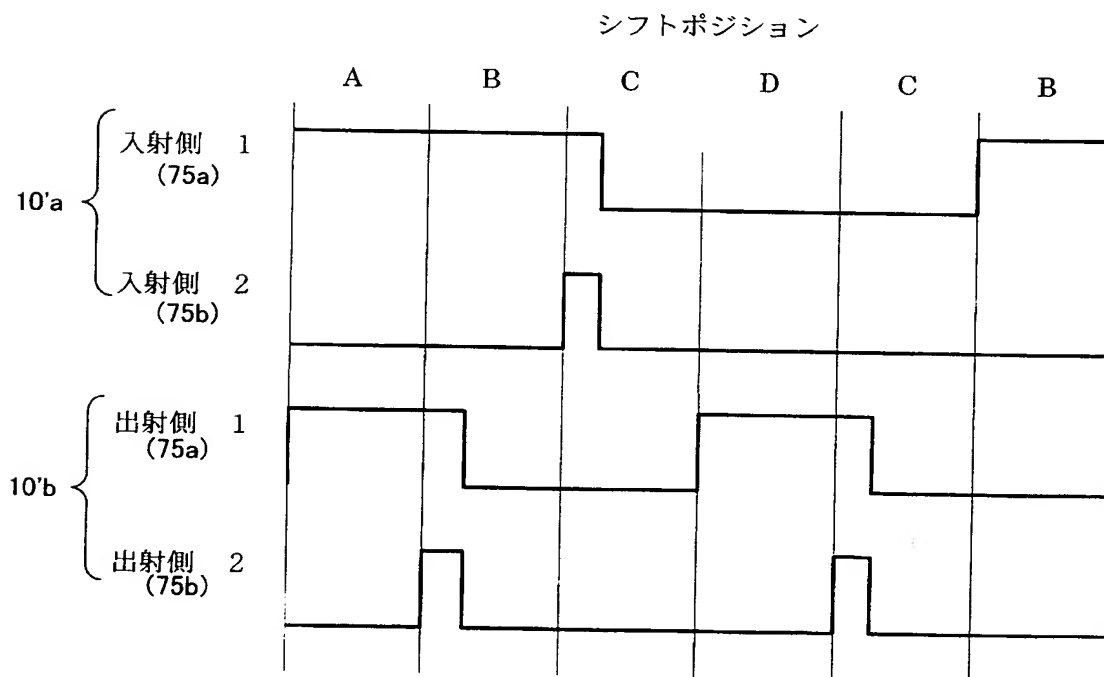
【図 2 5】



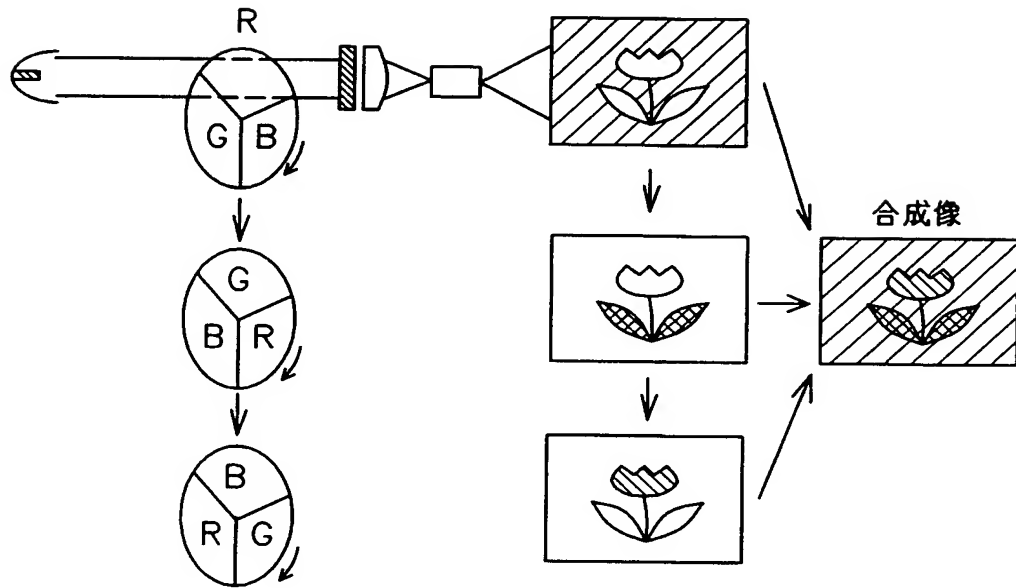
【図 26】



【図 27】



【図 28】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 解像度が低下したり、被投影面の画面内に周期的なドット状の模様が現れ、投影された画像の画質が損なわれたりすることなく、表示サブフレームをシフトさせることが可能な光学シフト素子を提供する。

【解決手段】 光学シフト素子 1 0 は、入射した光の光軸の位置をシフトさせて出射し得る第 1 の光学シフト部 1 0' a および第 2 の光学シフト部 1 0' b を備え、第 1 の光学シフト部 1 0' a を透過した光が第 2 の光学シフト部 1 0' b に入射するよう配置される。各光学シフト部は、印加電圧に応じて光の偏向方向を変調する液晶セルを 1 つ含む液晶素子 g 1、および、偏向方向によって屈折率が異なっており、液晶素子を透過した光が入射する複屈折素子 g 2 を含み、第 1 の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量は、第 2 の光学シフト部における入射光の光軸と出射光の光軸とのシフト量の 2 倍になっている。

【選択図】 図 1 0

特願 2 0 0 2 - 3 1 3 1 2 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 0 4 9]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

氏 名

シャープ株式会社